



Universidade de Aveiro
2016

Departamento de Engenharia Civil

**Inês Isabel
Saraiva Batista**

**Estratégias de Reabilitação de Vãos
Envidraçados**



**Inês Isabel
Saraiva Batista**

Estratégias de Reabilitação de Vãos Envidraçados

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, realizada sob a orientação científica da Doutora Ana Luísa Pinheiro Lomelino Velosa, Professora Associada do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro e coorientação do Doutor Paulo Barreto Cachim, Professor Associado com Agregação do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro e do Doutor Armando Teófilo dos Santos Pinto, Investigador Auxiliar no Departamento de Edifícios do Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

em memória da Clarinha

o júri

presidente

Professor Doutor Joaquim Miguel Gonçalves Macedo

professor auxiliar do departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro

Professor Doutor Nelson Amadeu Dias Martins

professor auxiliar do departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro
(arguente)

Professor Doutora Ana Luísa Pinheiro Lomelino Velosa

professora associada do departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro
(orientadora)

agradecimentos

É com enorme sentimento de alegria que finalizo o meu percurso académico na Universidade de Aveiro. A presente dissertação é não só fruto do trabalho e esforços próprios, é também fruto do trabalho e apoio incondicionais de várias pessoas e instituições. Agradeço a minha orientadora, a Professora Doutora Ana Velosa, por toda a ajuda e disponibilidade que sempre me transmitiu e pela motivação que me foi dando nos momentos mais difíceis. Aos meus coorientadores, Professor Doutor Paulo Cachim pela disponibilidade e por toda a ajuda prestada e ao Doutor Armando Pinto pelo acompanhamento, exigência e disponibilidade.

À Engenheira Maria Figueiredo e ao Técnico Vítor Rodrigues, do laboratório do departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, pela sua ajuda na realização dos trabalhos de laboratório.

Ao Laboratório Nacional de Engenharia Civil pelo apoio prestado durante os ensaios, em especial ao Eng. José Martins e a Eng. Dulce Franco.

À Carpintaria Miguel Batista pelo fornecimento dos materiais para a realização de todos os ensaios.

Quero agradecer a todos os professores e funcionários da Universidade de Aveiro que contribuíram não só durante a realização do presente trabalho, mas também na minha formação.

Agradeço especialmente ao Rui Oliveira pela sua enorme disponibilidade e pelas horas perdidas com a minha tese, dispensando mais do seu tempo do que lhe pedia, por isso, o meu muito obrigado.

O meu muito obrigado a todos os meus colegas e amigos de curso, que comigo partilharam e viveram os momentos bons e menos bons desta fase da vida.

A todos os meus amigos da vida e para a vida que sempre me acompanharam, o meu muito obrigado.

À Sofia e à Nélia por todos os momentos passados durante estes seis anos que levo para a vida, e que ao meu lado aprenderam a ter Saudades de Aveiro.

Aos meus pais, pelo apoio incondicional e, essencialmente, pela oportunidade de poder chegar até aqui, sem eles não era possível, o meu muito obrigado.

Aos meus irmãos, Zé Miguel e Carla, pelo apoio incondicional e por estarem sempre presentes em todas as fases da minha vida, o meu muito obrigado.

Ao João, à Margarida e ao Gonçalo por todas as risadas que me fazem dar e por serem o meu motivo de orgulho.

A toda a minha família por todo o apoio, o meu muito obrigado.

Ao Tiago por confiar e acreditar que o melhor de mim ainda está para vir, o meu muito obrigado pelo seu amor, apoio e motivação para ser sempre melhor e nunca desistir.

Quero ainda deixar aqui o meu sincero agradecimento a todos os que de uma maneira ou de outra contribuíram para o meu sucesso.

palavras-chave

Vãos envidraçados, resistência à ação do vento, estanquidade à água, permeabilidade ao ar, consumo energético, eficiência energética.

resumo

O setor dos edifícios é responsável por uma percentagem significativa do consumo de energia associado ao conforto térmico no seu interior. Para reduzir o consumo de energia e consequentemente a fatura energética tem-se estabelecido medidas de redução do consumo global de energia.

A eficiência energética dos edifícios não se restringe apenas aos novos edifícios, mas também aos edifícios existentes. A presente dissertação propõe estratégias de reabilitação de vãos envidraçados para melhoria da eficiência energética de um edifício existente com património histórico e arquitetónico.

Os vãos envidraçados são um dos elementos por onde existe uma considerável perda de energia, nomeadamente as perdas de calor associadas à estação de aquecimento.

A primeira parte da dissertação analisa o estado atual dos vãos envidraçados do edifício através de uma ficha de inspeção, concluindo que se encontram bastante deteriorados. Posteriormente, efetuaram-se alguns ensaios *in situ* de caracterização dos envidraçados originais, tais como, ensaio da porta ventiladora, ensaio de estanquidade à água, e monitorização do consumo termoenergético de um compartimento do edifício.

O segundo objetivo do presente estudo pretendeu comparar o vão envidraçado original com as soluções de reparação e de substituição, através de ensaios de resistência à ação do vento, permeabilidade ao ar e estanquidade à água. Associado a cada uma das soluções propostas efetuou-se um estudo de viabilidade económica, verificando-se que a solução de substituição do envidraçado é a medida com maior rentabilidade, beneficiando de um melhor desempenho.

Por último, analisou-se a influência no desempenho energético das soluções de reabilitação propostas, através do regulamento de desempenho energético dos edifícios de habitação (REH).

Em suma, a presente dissertação mostrou qual a melhor solução de reabilitação de envidraçados para o caso de estudo, apresentando também de uma forma geral resultados para aplicação em outros edifícios.

keywords

Glazed glasses, wind resistance, watertightness, air permeability, energy consumption, energy efficiency.

abstract

The buildings sector is responsible for a significant percentage of the energy consumption associated with the thermal comfort inside. In order to reduce energy consumption and consequently the energy bill, measures have been put in place to reduce the overall energy consumption.

The energy efficiency of buildings is not restricted to new buildings, but also to the existing ones. The present dissertation proposes strategies of rehabilitation of glazed spans to improve the energy efficiency of an existing building with historical and architectural heritage.

Glazed spans are one of the elements where there is a considerable loss of energy, namely the heat losses associated with the heating season.

The first part of the dissertation analyzes the current state of the glazed spans of the building through an inspection sheet, concluding that they are quite deteriorated. Subsequently, some in situ tests were carried out on the characterization of the original glazings, such as fan door test, watertightness test, and monitoring of the thermal energy consumption of a building compartment.

The second objective of the present study compares the original glazing gap with the repair and replacement solutions through tests of wind resistance, air permeability and water tightness. Associated to each of the proposed solutions, an economic feasibility study was carried out, verifying that the solution of substitution of the glazing is the measure with the greater profitability, benefiting with a better performance.

Finally, the influence on the energy performance of the proposed rehabilitation solutions was analyzed through the energy performance regulation of residential buildings (REH).

In summary, the present dissertation showed the best solution for the rehabilitation of glazing for the case study, also presenting results for application in other buildings.

Índice Geral

1	Introdução	3
1.1	Natureza e Âmbito da Dissertação	3
1.2	Objetivos da Dissertação	4
1.3	Organização e Estrutura da Dissertação	5
2	Vãos Envidraçados	9
2.1	Enquadramento Teórico	9
2.2	Exigências e Normas Aplicáveis	11
2.2.1	Permeabilidade ao Ar	12
2.2.2	Estanquidade à Água	12
2.2.3	Resistência à Ação do Vento	12
2.2.4	Coeficiente de Transmissão Luminosa e Fator Solar	13
2.2.5	Coeficiente de Transmissão Térmica	14
2.2.6	Segurança Contra Incêndios: Reação ao Fogo	15
2.2.7	Isolamento Acústico	16
2.2.8	Exigências de Carácter Arquitetónico, Histórico e Patrimonial	16
2.3	Património de vãos envidraçados	17
3	Descrição do Edifício em Estudo – Palacete Visconde De Valdemouro	25
3.1	Estilo Arquitetónico e História	25
3.2	Geometria do Edifício	27
3.3	Caracterização dos Elementos Construtivos da Envolvente Opaca	34
3.3.1	Caracterização de Argamassas	34
3.3.2	Caracterização da envolvente opaca	46
3.4	Identificação da Degradação do Edifício	48
4	Reabilitação de Vãos Envidraçados Existentes	59
4.1	Estratégias de Reabilitação de Vãos Envidraçados	60
4.2	Levantamento de Vãos Envidraçados	61
4.2.1	Reparação do Envidraçado Original	63
4.2.2	Substituição por um Novo Envidraçado	73

4.3	Ensaio de Validação dos Vãos Envidraçados	76
4.3.1	Influência do Envidraçado na Necessidade de Aquecimento	76
4.3.2	Ensaio de Avaliação Termográfica.....	79
4.3.3	Ensaio com Porta Ventiladora - Blower door	82
4.3.4	Ensaio de Resistência à Ação do Vento	86
4.3.5	Ensaio de Permeabilidade ao Ar.....	87
4.3.6	Ensaio de Estanquidade à Água.....	93
4.3.7	Custos de produção.....	96
5	Desempenho Energético do Caso de Estudo	99
5.1	Enquadramento Legislativo em Portugal	99
5.2	Certificação Energética – Influência dos Envidraçados	102
5.2.1	Zona Climática	102
5.2.2	Parâmetros de entrada dos Vãos Envidraçados Exteriores	103
5.2.3	Síntese de Resultados.....	107
6	Considerações Finais	111
6.1	Conclusões.....	111
6.2	Desenvolvimentos futuros	112
	Referências Bibliográficas	117
	Anexo A: Ficha de Inspeção para Vãos Envidraçados	123
	Anexo B: Ficha Técnica para o Vidro Simples.....	129
	Anexo C: Ficha Técnica para o Vidro Duplo.....	133
	Anexo D: Relatório do Desempenho Energético para o Edifício com os Vãos Envidraçados Originais.....	137
	Anexo E: Relatório do Desempenho Energético para o Edifício com os Vãos Envidraçados Reparados.....	159
	Anexo F: Relatório do Desempenho Energético para o Edifício com os Vãos Envidraçados de Substituição	181

Índice Figuras

Figura 1: Exemplo de etiqueta energética de vãos envidraçados (Fonte: adaptado de ADENE, 2016).	11
Figura 2: Etiqueta de registo do vão envidraçado (Fonte: ADENE, 2016).	11
Figura 3: Esquema de incidência de radiação solar num vidro duplo (Fonte: ArcoFinestra).	14
Figura 4: Esquema de um perfil de caixilharia para a identificação de parâmetros de cálculo do valor do coeficiente de transmissão térmica global da caixilharia, U_w . (U_g – coeficiente de transmissão térmica do vidro; ψ - coeficiente de transmissão térmica linear; U_f – coeficiente de transmissão térmica da madeira).	15
Figura 5: Elementos de um vão envidraçado (Fonte: Adaptado de Santos, 2012).	19
Figura 6: Fotografias de vãos envidraçados em forma de guilhotina no centro de Aveiro.	20
Figura 7: Fotografias de vãos envidraçados de duas folhas de abrir no centro de Aveiro.	21
Figura 8: Fotografia aérea da localização do edifício (Fonte: Google Earth).	25
Figura 9: Planta do piso 0.	27
Figura 10: Planta do piso 1.	28
Figura 11: Planta do piso 2.	29
Figura 12: Planta da cobertura.	30
Figura 13: Alçado Oeste – entrada principal.	31
Figura 14: Alçado Este – entrada secundária.	31
Figura 15: Alçado com vista para o pátio nº1.	32
Figura 16: Alçado com vista para o pátio nº2.	32
Figura 17: Fotografias do edifício em estudo. Fachada principal (esquerda); Escadaria interior do hall principal (direita);	34
Figura 18: Fotografias com exemplos dos tetos em estuque presentes no Palacete. Teto decorado em estuque (esquerda); Teto em estuque a imitar madeira (direita)	34
Figura 19: Fluxograma dos ensaios para a caracterização de soluções construtivas opacas.	35
Figura 20: Fotografias dos dois locais de amostragem realizadas a partir do exterior do edifício. Local da 1ª amostragem (esquerda); Local da 2ª amostragem (direita).	35
Figura 21: Curvas granulométricas correspondentes às quatro amostras analisadas.	40
Figura 22: Fotografias com os agregados das amostras com maior percentagem de finos. Agregado da amostra P1/F1 enchimento/reboco (esquerda); Agregado da amostra P1/F2 argamassa de exterior + revestimento (direita).	40

Figura 23: Fotografia com os agregados das amostras com menor percentagem de finos. Agregado da amostra P1/F2 reboco de enchimento (esquerda); Agregado da amostra P1/F1 carotes (direita).	41
Figura 24: Fotografias das amostras e exemplo do ensaio da capilaridade. Amostras secas antes do ensaio (esquerda); Ensaio de absorção de água por capilaridade (direita).	45
Figura 25: Coeficiente de capilaridade de todas as amostras analisadas.	45
Figura 26: Coeficiente de capilaridade em quatro das amostras analisadas.	46
Figura 27: Descrição da solução construtiva de parede exterior.	46
Figura 28: Descrição da solução construtiva do pavimento interior.	47
Figura 29: Levantamento fotográfico da cobertura do edifício em estudo.	48
Figura 30: Fissuração por retração da argamassa.	50
Figura 31: Fissuração devido à concentração de esforços em zonas localizadas.	50
Figura 32: Fissuração na laje orientadas numa direção e paralelas entre si.	51
Figura 33: Fissuração junto à interseção com outra parede ortogonal (cunhal).	51
Figura 34: Degradação superficial do fingimento de madeira.	52
Figura 35: Degradação do pavimento do hall de entrada.	52
Figura 36: Colonização biológica.	53
Figura 37: Manchas no teto com trabalhados em estuque.	53
Figura 38: Manchas de humidade no teto entre fissuras.	54
Figura 39: Destacamento do revestimento em estuque do teto.	54
Figura 40: Eflorescências na coluna do arco principal situado no hall de entrada do edifício.	55
Figura 41: Substituição de vidro simples para vidro duplo (Pinto, 2010).	61
Figura 42: Levantamento fotográfico do vão envidraçado em estudo.	63
Figura 43: Separação das peças do caixilho.	64
Figura 44: Remoção das camadas de tintas de todas as peças.	65
Figura 45: Parte de uma peça já com as camadas de tinta retiradas.	65
Figura 46: Aplicação de uma peça nova de madeira para substituir a parte danificada.	66
Figura 47: Aplicação pasta renovadora de madeira para reparação de fissuras ou orifícios.	66
Figura 48: Fotografia do caixilho reparado. Vista interior (esquerda); Vista exterior (direita).	67
Figura 49: Fotografias com pormenores do acabamento final do caixilho.	68
Figura 50: Vão envidraçado original com identificação de pormenores de A a F.	69
Figura 51: Pormenores de A a F do vão envidraçado original.	70

Figura 52: Vão envidraçado reparado com identificação de pormenores de A a F e alterações feitas ao envidraçado original.....	71
Figura 53: Pormenores de A a F do vão envidraçado reparado.....	72
Figura 54: Vão envidraçado de substituição com pormenores de A a F.....	74
Figura 55: Pormenores de A a F do vão envidraçados de substituição.	75
Figura 56: Fotografia com o esquema de ensaio na sala em estudo.	77
Figura 57: Medidores de temperatura. Registo de temperatura do ar exterior (esquerda); Registo de temperatura do ar interior (direita).	78
Figura 58: Comportamento térmico do compartimento em estudo	79
Figura 59: Câmara termográfica Testo 875 (Fonte: Testo 2011).	80
Figura 60: Termografia do canto superior direito da janela.	80
Figura 61: Termografia do canto superior esquerdo da janela.....	81
Figura 62: Termografia com vista total da janela.....	81
Figura 63: Termografia com a portada interior fechada.....	82
Figura 64: Componentes para a realização do ensaio com porta ventiladora.	83
Figura 65: Janela vedada com fita.....	84
Figura 66: Registo fotográfico durante a realização do ensaio de estanquidade à água.	85
Figura 67: Registo fotográfico do ensaio de permeabilidade ao ar do envidraçado original.	89
Figura 68: Registo fotográfico do ensaio de permeabilidade ao ar do envidraçado reparado.	90
Figura 69: Registo fotográfico do ensaio de permeabilidade ao ar do envidraçado de substituição.	91
Figura 70: Resultado final do ensaio de permeabilidade ao ar do envidraçado original.....	92
Figura 71: Resultado final do ensaio de permeabilidade ao ar do envidraçado reparado.....	92
Figura 72: Registo fotográfico do ensaio de estanquidade à água com marcação dos pontos críticos de entrada de água do envidraçado original.	94
Figura 73: Registo fotográfico da entrada de água no ensaio de estanquidade à água do envidraçado reparado.....	95
Figura 74: Número de certificados emitidos desde 2009 a 2016. Assinalado a verde a classificação para edifícios existentes e a vermelho a classificação para novos edifícios (Fonte: ADENE).	101
Figura 75: Percentagem de certificados energéticos emitidos por classe energética para edifícios de habitação no ano de 2016 (Fonte: ADENE).....	101
Figura 76: Zonas climáticas para a estação de aquecimento (I1, I2 e I3) e arrefecimento (V1, V2, V3) (Fonte: -Decreto lei nº118/2013).....	102

Figura 77: Tabela para obter o fator solar do vidro para uma incidência normal ao vão, vidro simples (Fonte: Decreto-Lei nº118/2013).	104
Figura 78: Fator de correção da seletividade angular dos vãos envidraçados na estação de arrefecimento (Fonte: Decreto-Lei nº118/2013).	105
Figura 79: Valores correntes do fator solar de vãos envidraçados com vidro corrente e dispositivos de proteção solar (Fonte: Decreto-Lei nº118/2013).	106

Índice Tabelas

Tabela 1: Características dos vários tipos de materiais constituintes de uma caixilharia.	17
Tabela 2: Propriedades geométricas do edifício.....	33
Tabela 3: Relação percentual entre superfícies opacas e envidraçadas.....	33
Tabela 4: Análise visual das amostras.....	36
Tabela 5: Resumo de resultados para o cálculo do resíduo insolúvel.	38
Tabela 6: Traço correspondente a cada amostra.....	38
Tabela 7: Composição química determinada por FRX das amostras em estudo.....	42
Tabela 8: Composição mineralógica determinada por DRX às amostras recolhidas no caso de estudo.....	44
Tabela 9: Resumo do consumo de energia elétrica para aquecimento do compartimento.	77
Tabela 10: Valores de renovações por hora a 50 Pa (n_{50}).....	85
Tabela 11: Classificação de janelas de acordo com a norma EN 12210 (Fonte: Norma europeia EN 12210:2000).	86
Tabela 12: Classificação da flecha frontal segundo a norma EN 12210 (Fonte: Norma europeia EN 12210:2000).	87
Tabela 13: Resultados do ensaio de resistência á ação do vento das caixilharias.....	87
Tabela 14: Classificação de janelas de acordo com a norma EN 12207 (Fonte: Norma europeia EN 12207:2000).	88
Tabela 15: Resultados obtidos para a classificação de permeabilidade ao ar das caixilharias.....	93
Tabela 16: Classificação de janelas de acordo com a norma EN 12208 (Fonte: Norma europeia EN 12208:2000).	94
Tabela 17: Resultados obtidos para a classificação de estanquidade à água das caixilharias.....	95
Tabela 18: Valores do coeficiente de transmissão térmica global e do coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite.....	103
Tabela 19: Principais resultados da influência das soluções de envidraçados resultantes da aplicação do REH.....	108

Simbologia

ψ - Coeficiente de transmissão térmica linear (W/m.K)

ΔR – Resistência térmica adicional de dispositivos de oclusão noturna

A_f – Área da caixilharia visível (m²)

A_g – Área do vidro visível (m²)

F_w – Fator de seletividade angular dos vãos envidraçados

g_{\perp} – Fator solar do vão envidraçado

$g_{\perp,vi}$ – Fator solar do vidro

g_t – Fator solar global de um vão envidraçado

$g_{T,vc}$ – Fator solar do vão envidraçado com vidro correntes e um dispositivo de proteção solar permanente ou móvel totalmente ativado

L_g – Perímetro do vidro visível (m)

N_{ic} – Necessidades de energia útil para aquecimento

R_{ph_i} – Taxa de renovação na estação de aquecimento

R_{ph_v} – Taxa de renovação na estação de arrefecimento

U_f – Coeficiente de transmissão térmica da caixilharia (W/m².K)

U_g – Coeficiente de transmissão térmica do vidro (W/m².K)

U_n – Coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado com portada fechada (W/m².K)

U_w – Coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado (W/m².K)

U_{wdn} – Coeficiente de transmissão térmica médio dia – noite de um vão envidraçado (W/m².K)

Acrónimos

ADENE – Agência para a Energia

ANFAJE – Associação Nacional dos Fabricantes de Janelas Eficientes

CFM – Cubic per minute

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

OCDE – Organização de Cooperação e do Desenvolvimento Económico

RCCTE – Regulamento das características de comportamento térmico dos edifícios

RECS - Regulamento do desempenho energético dos edifícios de comércio e serviços

REH – Regulamento do desempenho energético dos edifícios de habitação

RSA – Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes

RSEC – Regulamento dos sistemas energéticos de climatização em edifícios

SCE – Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios

SEEP – Sistema de Etiquetagem Energética de Produtos

Capítulo 1

Introdução

1 Introdução

1.1 Natureza e Âmbito da Dissertação

O crescimento da população mundial a par do desenvolvimento económico tem promovido o aumento do consumo de energia, e devido a este aumento, têm-se implementado diversas medidas de eficiência energética, inclusive nos edifícios. Nos países desenvolvidos pertencentes à OCDE (Organização de Cooperação e do Desenvolvimento Económico) os edifícios são atualmente responsáveis por 40% da energia final consumida (Tirone & Nunes, 2007).

Segundo a Agenda 21 para a Construção Sustentável, nos países industrializados a construção civil consome cerca de 50% dos recursos naturais, produz 50% dos resíduos e é responsável por cerca de 30% das emissões de dióxido de carbono (Agenda 21, 1999). Assim, o setor da construção tem um grande impacto nos consumos de energia, de água, de materiais e na produção de resíduos.

A União Europeia tem vindo a implementar um conjunto de diretivas através das quais pretende reduzir a dependência energética e simultaneamente aumentar o processo de descarbonização atmosférica. Desta forma, a implementação de medidas com vista a otimizar os consumos energéticos dos edifícios recorrendo a estratégias eficientes têm contribuído positivamente para este efeito.

A baixa eficiência energética dos edifícios é uma das principais causas para o consumo excessivo de energia. A qualidade térmica dos edifícios tem influência nos consumos de energia e depende das características dos elementos que definem a envolvente exterior dos edifícios, nomeadamente os vãos envidraçados. Segundo João Gomes, Presidente da ANFAJE (Associação Nacional dos Fabricantes de Janelas Eficientes) “(...) Portugal tem cerca de 3 milhões de fogos com janelas ineficientes dotadas de vidro simples entendendo que, (...), será necessário apostar fortemente na necessidade de substituição de janelas antigas por novas janelas eficientes, criando mais mercado de reabilitação local para todo o setor” (Edifícios e Energia, 2012).

Os vãos envidraçados desempenham um papel fundamental no controlo das perdas de energia contribuindo para o conforto térmico dos edifícios e dos seus ocupantes. São elementos que proporcionam grandes trocas energéticas, estimando-se que entre a 25 a 30% das necessidades de aquecimento sejam devidas a perdas de calor com origem nos envidraçados (EDP, 2015). Portanto, é importante conhecer o desempenho energético conferido pelos vários elementos que os constituem (vidro, materiais de isolamento térmico e caixilho) para se otimizar o

desempenho energético global com um efeito positivo para a redução de energia para aquecimento.

A eficiência energética é uma das áreas de estudo mais importantes para a qualidade dos edifícios, desta forma a dissertação de mestrado proposta, intitulada “Estratégias de Reabilitação de Vãos Envidraçados”, pretende avaliar o comportamento de um vão envidraçado existente num edifício do final do século XVIII e estabelecer critérios de reparação ou substituição de vãos envidraçados.

1.2 Objetivos da Dissertação

O principal objetivo da presente dissertação é avaliar as melhores estratégias de reabilitação de vãos envidraçados existentes em madeira através da reparação ou substituição. Primeiramente, é necessária uma caracterização do edifício que server de caso de estudo para avaliação do desempenho energético do envidraçado. No entanto, para avaliar as diferentes estratégias de reabilitação é necessário realizar as seguintes atividades:

1. Elaboração de uma ficha genérica de identificação/caracterização para vãos envidraçados;
2. Analisar o desempenho de vãos envidraçados com necessidade de reabilitação;
3. Analisar a influência de diferentes estratégias de reabilitação de vãos envidraçados de um edifício, no desempenho integrado (térmico, energético, resistência ao vento e estanquidade ao ar e à água), com base em ensaios experimentais e modelação numérica;
4. Analisar o desempenho de vãos envidraçados reabilitados ou substituídos e a viabilidade economia associada;
5. Analisar o potencial de reabilitação de vãos envidraçados, respeitando o valor patrimonial histórico e arquitetónico e as exigências de desempenho;
6. Comparar os desempenhos de um vão envidraçado reparado e de um vão envidraçado substituído com vista a apresentação de uma solução mais vantajosa em termos de desempenho e custo.

1.3 Organização e Estrutura da Dissertação

Para além deste capítulo introdutório, a dissertação é constituída por mais cinco, perfazendo um total de seis capítulos, seguidos de referências bibliográficas e anexos organizados do seguinte modo:

Capítulo 2. Vãos Envidraçados

Este capítulo enquadra o tema abordado nesta dissertação com a apresentação das exigências e normas aplicadas aos vãos envidraçados e o seu património.

Capítulo 3. Descrição do Edifício em Estudo – Palacete Visconde de Valdemouro

Neste capítulo situa-se geograficamente o edifício estudado, abordando-se os seus pormenores construtivos e as diversas patologias levantadas no edifício.

Capítulo 4. Reabilitação de Envidraçados Existentes

O capítulo 4 contempla os vários trabalhos desenvolvidos durante esta dissertação, nomeadamente o plano de trabalhos para a reparação do envidraçado original, assim como os resultados obtidos nos ensaios de resistência à ação do vento, permeabilidade ao ar e de estanquidade à água para o envidraçado reparado e de substituição.

Capítulo 5. Desempenho Energético do Caso de Estudo

Este capítulo define a classe energética do edifício tendo em conta as alterações propostas para os envidraçados.

Capítulo 6. Considerações Finais

Como parte final desta dissertação, o capítulo 6 faz a síntese das conclusões obtidas durante o trabalho.

Anexos

A informação contida nos anexos divide-se em: anexo A, ficha de inspeção para vãos envidraçados; no anexo B e C apresentam-se as fichas técnicas do vidro simples e duplo, respetivamente; no anexo D, E e F estão disponíveis para consulta os relatórios de desempenho energético para o edifício com os vãos envidraçados originais, reparados e de substituição.

Capítulo 2

Vãos Envidraçados

2 Vãos Envidraçados

2.1 Enquadramento Teórico

A crescente preocupação com os gastos energéticos e com as novas exigências resultantes das alterações climáticas tem levado a que alguns proprietários substituam os envidraçados antigos e tradicionais por envidraçados mais eficientes. O presente trabalho vai de encontro a este facto descrito anteriormente, apresentando os prós e contras de uma solução de reparação / reabilitação e de uma solução de substituição de um envidraçado do século XVIII mais eficiente, preservando as suas condições originais.

A organização britânica “The Energy Saving Trust”, define que a reabilitação energética, “energy efficient refurbishment”, tem em vista a eficiência energética nas habitações como medida para a minimização do custo energético necessário para providenciar um ambiente interno específico, subjacente aos critérios custo-eficiência definidos pelo utilizador. O ambiente interno pode ser especificado em termos de requisitos de temperaturas, níveis de humidade, ventilação, água quente, iluminação e de equipamentos. Esta organização considera que a reabilitação de energética dos edifícios deve ser a conjugação entre o isolamento, aquecimento e ventilação (Energy Saving, 2005).

A reabilitação térmica e energética dos vãos envidraçados é geralmente enquadrada aquando da reabilitação do edifício. Algumas das melhorias obtidas através da reabilitação térmica e energética aplicadas aos edifícios conseguem-se ter através da reabilitação dos vãos envidraçados como a redução das necessidades energéticas nas estações de arrefecimento e aquecimento; a redução das necessidades energéticas de iluminação; ganhos solares; o aumento do conforto no interior dos edifícios; redução de patologias associadas as condensações no interior dos edifícios; controlo das infiltrações de ar; e melhoramento da classe obtida no sistema de certificação energética.

Os vãos envidraçados têm um peso significativo no balanço térmico global dos edifícios, sendo responsáveis no Inverno por cerca de 35 a 40% das perdas térmicas totais dos edifícios e no verão podem ser responsáveis por problemas de sobreaquecimento interior e por grande parte das necessidades de arrefecimento associadas à sua envolvente (Anselmo *et al.*, 2004).

A indústria de vãos envidraçados tem sofrido constante de modernização e evolução tecnológica, disponibilizando produtos e soluções que satisfazem as exigências pretendidas em relação ao desempenho térmico e acústico e de eficiência energética.

Devido a obrigatoriedade da certificação de janelas com marcação CE, estas estão sujeitas a diversos testes e ensaios que atestam a sua qualidade e eficiência, o qual não sucedia no passado, onde o conhecimento acerca dos vãos envidraçados era meramente experimental e empírico.

Segundo o LNEC (Laboratório Nacional de Engenharia Civil), a marcação CE é o símbolo que permite conferir, com efetividade, se determinado produto cumpre os requisitos impostos pelas diretivas comunitárias, comprovando que o produto aplicado, disponibilizado ou a circular no mercado comunitário, goza de conformidade com a legislação comunitária, que por sua vez está em concordância com as especificações técnicas aplicáveis aos produtos de construção. A marcação CE permite a distinção dos produtos de maior qualidade e confiança no mercado, sendo também um “livre-trânsito” para a circulação dos produtos dentro do Mercado Europeu.

Em Portugal já existe um sistema complementar à marcação CE, de etiquetagem de vãos envidraçados que, permite reconhecer a qualidade do produto relativamente ao desempenho energético.

A caracterização da etiqueta energética é assegurada através do Sistema de Etiquetagem Energética de Produtos (SEEP) da responsabilidade da ADENE-Agência para a Energia. O SEEP é um sistema voluntário de etiquetagem energética de produtos da construção que permite ao consumidor final comparar o desempenho energético de produtos através da sua classificação energética e escolher produtos energeticamente mais eficientes.

A etiquetagem energética de vãos envidraçados também é aplicada em países como EUA, Canadá, Nova Zelândia, Austrália, Finlândia, Suécia ou Inglaterra. Da experiência de outros países conclui-se que a etiquetagem energética possibilita ao consumidor final escolher, de acordo com o desempenho energético um produto que vincula um aumento da poupança energética associada a um menor consumo de energia para o aquecimento e arrefecimento.

As etiquetas energéticas dos envidraçados (Figura 1) permitem identificar e caracterizar cada envidraçado individualmente, dando a conhecer o desempenho energético através de sete classes energéticas, de “G” (menos eficiente) a “A” (mais eficiente). Além disso, transmite a informação relativamente ao seu desempenho acústico e de permeabilidade ao ar do envidraçado.

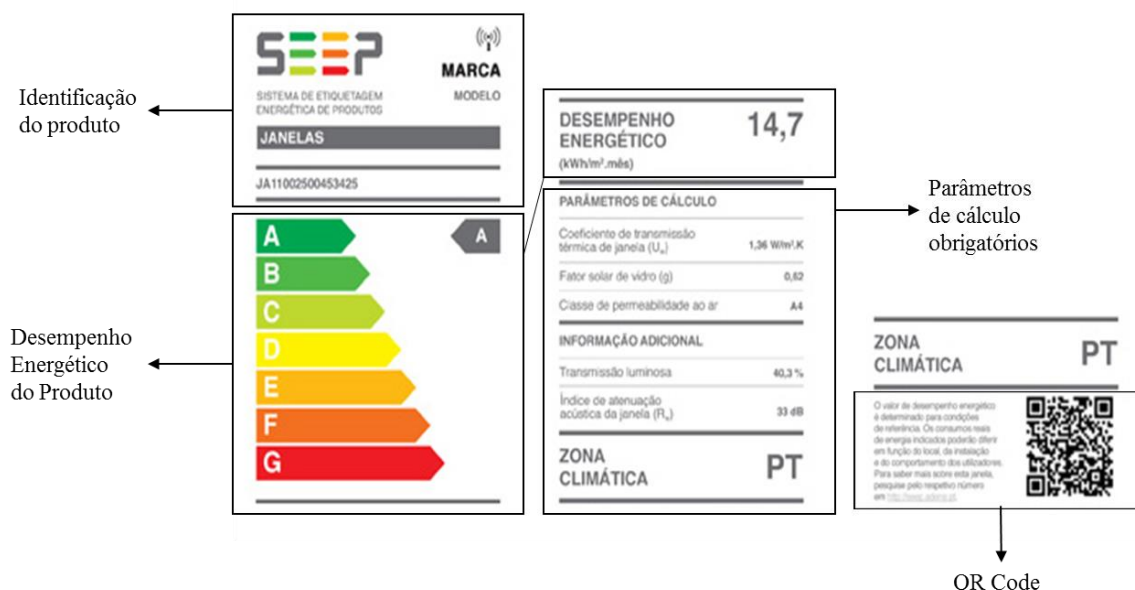


Figura 1: Exemplo de etiqueta energética de vãos envidraçados (Fonte: adaptado de ADENE, 2016).

O envidraçado tem uma etiqueta única que o caracteriza e identifica com um número que permite a sua rastreabilidade, que possibilita o consumidor consultar na base de dados do SEEP a ficha técnica do produto. Os envidraçados etiquetados terão obrigatoriamente de ter duas etiquetas SEEP: uma etiqueta colada no vidro com a classe energética; e uma segunda etiqueta definitiva, denominada de etiqueta de registo (Figura 2), inserida no caixilho para identificação do produto ao longo do período de utilização.



Figura 2: Etiqueta de registo do vão envidraçado (Fonte: ADENE, 2016)

2.2 Exigências e Normas Aplicáveis

Na construção tradicional a escolha dos materiais e a tecnologia de construção são definidos em especificações prescritivas baseadas sobretudo na experiência dos intervenientes. Na construção moderna a industrialização e a diversidade de produtos e sistemas construtivos exigem uma escolha das soluções que permitam garantir um determinado desempenho e que evidenciem

a aptidão dos sistemas construtivos para satisfazer um conjunto de exigências, definidas em normas, regulamentos e especificações técnicas.

2.2.1 Permeabilidade ao Ar

A permeabilidade ao ar dos vãos envidraçados é um parâmetro de grande importância para o conforto interior do edifício, caracterizada da Classe 0 à Classe 4 segundo a norma EN12207.

Os critérios de seleção dos vãos envidraçados relativamente a esta característica devem ser estabelecidos tendo em conta os picos momentâneos da velocidade do vento que por infiltração de ar pelas janelas possibilitem gerar correntes de ar no interior dos edifícios.

A permeabilidade ao ar deve ser limitada de forma a reduzir as perdas de calor e o consumo anual de energia, bem como evitar as correntes de ar frio.

Numa situação de vento forte pouco frequente a permeabilidade ao ar dos vãos envidraçados deve ser limitada por forma a limitar a renovação do ar superior ao volume do compartimento onde são instalados.

2.2.2 Estanquidade à Água

Os vãos envidraçados devem permanecer estanques à água quando são sujeitos à ação simultânea do vento e da chuva. Admite-se, contudo, que em situações excecionais de temporal possa haver perda de estanquidade desde que o caudal de água infiltrada seja reduzido (Veigas & Braz, 1994).

No decurso do ensaio de estanquidade à água, o modelo é submetido à aspersão de água enquanto são aplicadas pressões crescentes ao longo do tempo. O vão envidraçado é estanque enquanto não ocorrem infiltrações de água para o interior do compartimento ou para qualquer parte do envidraçado onde não possa ser escoada para o exterior quando cessam as solicitações.

A estanquidade à água pode variar da Classe 1A a 9A não ultrapassando a pressão de 600 Pa, no caso do valor de pressão for superior a 600 Pa representa-se por E seguido do valor de pressão obtido (E_{xxx}) segundo a norma EN12208 (2000).

2.2.3 Resistência à Ação do Vento

De acordo com a metodologia subjacente ao RSA (Regulamento de Segurança e Ações para estruturas de edifícios e pontes – Decreto-Lei 253/83 de 31 de Maio), preconiza a verificação da

segurança dos vãos envidraçados relativamente a um estado de limite de utilização e ao estado limite último.

De acordo com o estado limite de utilização, a ação é identificada com a pressão associada ao quantilho de 98% da distribuição anual de máximos da velocidade do vento de rajada. Relativamente ao estado limite último é identificada pelo valor do quantilho de 95% da distribuição das velocidades máximas do vento de rajada para um intervalo de referência de 5 anos. O valor da pressão é afetado do coeficiente de segurança de 1,5.

A resistência à ação do vento pode ser classificada com as Classe A, B e C de acordo com a norma EN 12210 (2000).

2.2.4 Coeficiente de Transmissão Luminosa e Fator Solar

O coeficiente de transmissão luminosa é definido de acordo com a função dos espaços e com as características do edifício objeto de intervenção. A transmissão luminosa é determinada pela quantidade de luz visível que atravessa um vidro. Expressa-se como a percentagem entre a luz transmitida e a luz que incide sobre o mesmo.

Os valores dos coeficientes de transmissão luminosa podem oscilar entre os 5% para vidro duplo e os 90% para vidro simples. Em termos de reflexão luminosa os valores podem ir de 5% para vidro simples até aos 60% por utilização de películas de proteção na superfície exterior do vidro (Veigas & Braz, 1994).

De acordo com a norma NP EN 410 (2000), o fator solar de um vidro é determinado pela soma do fator de transmissão direta da energia solar com o fator de transmissão secundária de calor do envidraçado relativamente ao interior (resulta da transmissão de calor por convenção e por radiação da energia que tenha sido previamente absorvida pelo envidraçado).

O fator solar é o parâmetro fundamental que caracteriza a quantidade de radiação solar que atravessa diretamente um vidro (Figura 3). Os fatores solares variam entre 0,10 para vidro duplo e 0,90 para vidro simples.

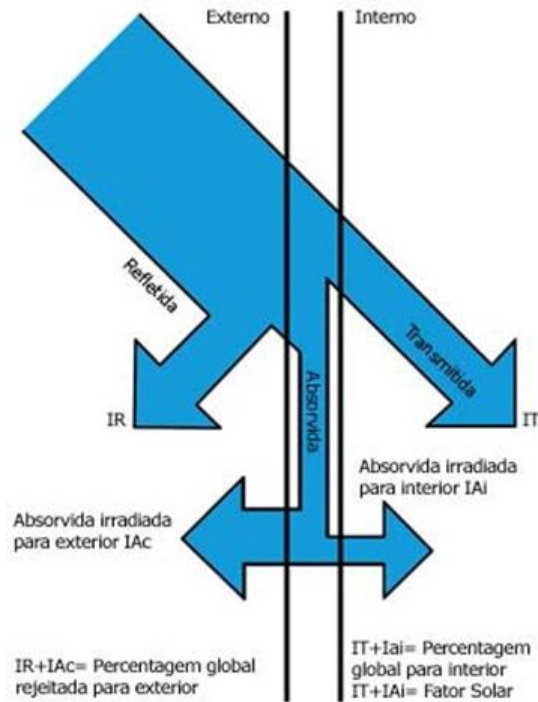


Figura 3: Esquema de incidência de radiação solar num vidro duplo (Fonte: ArcoFinestra).

2.2.5 Coeficiente de Transmissão Térmica

O coeficiente de transmissão térmica caracteriza a troca de calor por condução, convecção e radiação que existe entre duas superfícies de um elemento.

A forma como a transferência de calor ocorre depende dos coeficientes de transmissão térmica do vidro e da caixilharia, do valor da ponte térmica linear entre o vidro e a caixilharia (Figura 4), bem como das respetivas áreas.

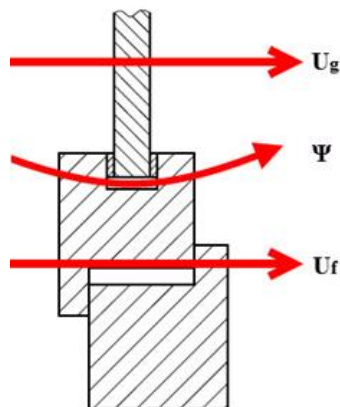


Figura 4: Esquema de um perfil de caixilharia para a identificação de parâmetros de cálculo do valor do coeficiente de transmissão térmica global da caixilharia, U_w . (U_g – coeficiente de transmissão térmica do vidro; Ψ - coeficiente de transmissão térmica linear; U_f – coeficiente de transmissão térmica da madeira)

O coeficiente de transmissão térmica global é calculado através da seguinte equação:

$$U_w = \frac{A_f \times U_f + A_g \times U_g + L_g \times \Psi}{A_f + A_g}$$

em que:

U_w – coeficiente global de transmissão térmica da janela [$W/m^2.K$]

U_f – coeficiente de transmissão térmica da caixilharia [$W/m^2.K$]

U_g – coeficiente de transmissão térmica do vidro [$W/m^2.K$]

Ψ – coeficiente de transmissão térmica linear [$W/m.K$]

A_f – área da caixilharia visível [m^2]

A_g – área do vidro visível [m^2]

L_g – perímetro do vidro visível [m]

2.2.6 Segurança Contra Incêndios: Reação ao Fogo

A reação ao fogo dos materiais de construção qualifica a sua suscetibilidade de se inflamar e alimentar o fogo. Segundo a Diretiva 89/106/CEE, a classificação dos produtos de construção quanto à reação ao fogo pode apresentar as seis classificações seguintes:

- A1 – nenhuma contribuição para o fogo;
- A2 – Contribuição quase nula para o fogo;
- C – Contribuição para o fogo muito limitada;

- D – Contribuição para o fogo aceitável;
- E – Reação ao fogo aceitável;
- F – Comportamento não determinado.

2.2.7 Isolamento Acústico

O isolamento acústico do vão envidraçado é a sua capacidade de resistir ao ruído do exterior tendo em conta que os vãos envidraçados são os elementos de fachada mais sensíveis aos ruídos.

O parâmetro que quantifica o valor de isolamento acústico é o “*R*”, em decibéis, dB, que depende não só do perfil do envidraçado, mas também da espessura e da tipologia, bem como a permeabilidade ao ar da janela. O parâmetro “*R*” é calculado pelas seguintes equações matemáticas:

$$R = 10 \log \frac{w_1}{w_2}$$
$$R = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{S}{A}$$

em que:

R – índice de redução sonora [dB]

*w*₁ – potência sonora incidente

*w*₂ – potência sonora transmitida

*L*₁ – nível médio de pressão sonora no recinto emissor [dB]

*L*₂ – nível médio de pressão sonora no recinto recetor [dB]

S – Área da amostra [m²]

A – Área de absorção sonora [m²]

2.2.8 Exigências de Carácter Arquitetónico, Histórico e Patrimonial

Apesar deste ponto não ser uma exigência funcional, é necessário ter em conta enquadramento do edifício em estudo e como tal ter em conta os seguintes aspetos:

- Localização em áreas de proteção a monumentos ou planos de pormenor específicos;
- Características da envolvente urbana;
- Data de construção e qualidade do projeto arquitetónico original;
- A qualidade do projeto de reabilitação do edifício;

- A coerência com a restante intervenção;
- O estado de conservação dos vãos envidraçados;

2.3 Património de vãos envidraçados

O vão envidraçado, assume o papel, de principal intermediário nas trocas de energia entre os ambientes exterior e interior dos edifícios. É constituído por uma caixilharia de madeira, alumínio e PVC, ou ainda caixilharia mista de madeira e alumínio. Na Tabela 1 podem se analisar alguns parâmetros comparativos dos três tipos de materiais constituintes dos vãos envidraçados.

Tabela 1: Características dos vários tipos de materiais constituintes de um vão envidraçado.

	Madeira	PVC	Alumínio
Módulo de elasticidade, E (GPa)	10	70	2
Densidade (kg/m³)	200 – 870	1390	2700
Condutibilidade térmica	Fraco condutor (depende do tipo de madeira)	Fraco condutor	Bom condutor
Condutibilidade elétrica	Fraco condutor	Fraco condutor	Excelente condutor
Combustibilidade	Combustível	Combustível	Não combustível
Isolamento térmico	Bom	Bom	Inferior a madeira e ao PVC
Isolamento acústico	Bom	Bom	Inferior a madeira e ao PVC
Preço	Dispendioso	Mais económico	Entre o PVC e a madeira
Manutenção	Manutenção a cada 10 anos	Nenhuma	Nenhuma

Os envidraçados em alumínio apresentam um elevado coeficiente de transmissão térmica que resultam em perdas energéticas significativas, sendo que para combater este facto existem

perfis de alumínio com corte térmico (faces interior e exterior separadas por um elemento isolante composto por duas barras de poliamida reforçadas com fibra de vidro), criando assim uma barreira à transferência de calor e de ruídos provenientes do exterior.

O PVC é um material termoplástico o que lhe confere várias propriedades tais como a resistência, impermeável, isolante e reciclável. Os envidraçados fabricados em PVC possuem bons desempenhos em termos de estanquidade à água, permeabilidade ao ar e isolamento térmico e acústico. No entanto, no que diz respeito à resistência mecânica é inferior comparado com os restantes materiais.

Os envidraçados de madeira, constituinte desta dissertação, têm a vantagem de se adaptar a diversos formatos e tipologias. Estas características tornam-se relevantes em termos de reabilitação de vãos envidraçados. A madeira é um fraco condutor de calor, o que faz com que os envidraçados fabricados com este tipo de material apresentem coeficientes de transmissão térmica baixos melhorando o isolamento térmico.

A terminologia “vão” corresponde a abertura na vertical, sendo constituído pelas ombreias que são as partes laterais onde assenta o lintel na parte superior horizontal, e ainda por peitoril e soleira que corresponde à parte horizontal inferior onde assenta o envidraçado (Santos, 2012). O termo envidraçado define-se como uma composição de um sistema de caixilho e vidro.

Os vãos envidraçados são constituídos por vários elementos e componentes que variam de acordo com o tipo de material e tipologia utilizada. Os elementos bases constituintes de um envidraçado são o aro fixo, as folhas que podem ser fixas ou móveis, os vidros, os bites, as ferragens e as borrachas de selagem, (Figura 5).

O material utilizado para fabricar o envidraçado não é apenas importante para definir algumas das características físicas da janela, tais como, a espessura do caixilho, preocupações estruturais, peso e durabilidade, também é importante para o desempenho térmico de toda a janela.

A madeira foi um dos primeiros materiais a ser utilizado no fabrico de caixilhos, usados em edifícios para habitação, pois era um material amplamente disponível na natureza e de fácil trabalhabilidade (Santos, 2012). As madeiras mais utilizadas no fabrico dos caixilhos dos envidraçados eram o pinho, a casquinha e em edifícios ilustres era usado o castanho. O pinho era a madeira utilizada com maior frequência, devido a forte presença no nosso país nomeadamente na zona centro.

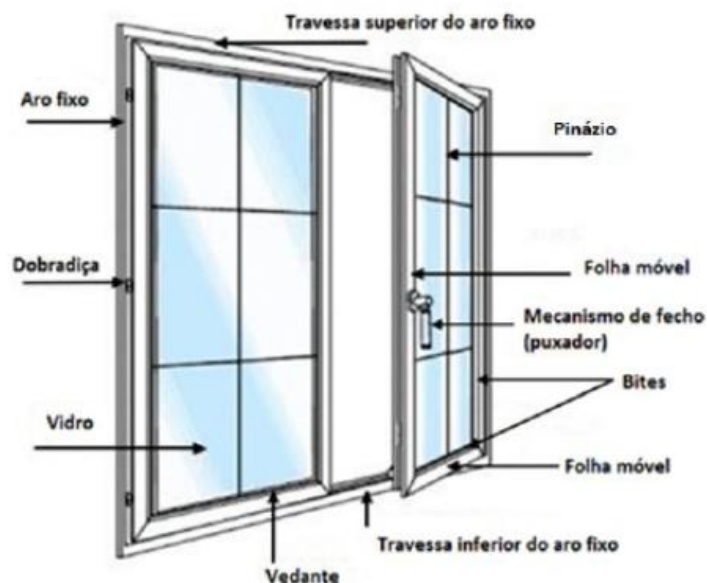


Figura 5: Elementos de um vão envidraçado (Fonte: Adaptado de Santos, 2012).

A tipologia dos envidraçados é importante devido as características técnicas que vão condicionar a forma como são utilizadas. As tipologias de envidraçado são: fixo (não existe possibilidade de abertura); de batente (permite rotações em torno de um eixo vertical); de correr (movimentam-se na horizontal através de rodízios incorporados nos perfis inferiores); de guilhotina (movimento realizado na vertical); pivotante vertical e horizontal (constituída por uma única folha que abre por rotação); basculantes e projetantes (abertura horizontal podendo ser para o interior ou exterior); oscilo-batente (junção da janela basculante e da janela de batente); e pivotante múltipla (constituída por várias lâminas horizontais). A escolha da tipologia do envidraçado pode ter em conta vários fatores tais como o local, a arquitetura do edifício.

A qualidade dos centros históricos não resulta exclusivamente de monumentos ou edifícios classificados, mas também de um conjunto de edifícios com património arquitetónico relevante a nível dos vãos envidraçados. A recolha arquitetónica é o primeiro passo a ter em conta para descrever e caracterizar os vãos envidraçados de um determinado local, sendo que estes são elementos fundamentais para a descrição de um edifício. Em Portugal, não se encontram muitos estudos realizados com a abrangência necessária ao tema, por este motivo foi realizado um levantamento fotográfico aos vãos envidraçados de edifícios anteriores ao século XVIII para a região de Aveiro. A descrição dos vãos envidraçados foi baseada em estudos feitos para a cidade do Porto, por ser a cidade mais próxima e com algumas semelhanças.

A maior parte dos vãos envidraçados daquela época eram em madeira com vidro simples e portada no interior. Os vidros eram fixos com tachas e posteriormente vedados com betume de vidraceiro e possuíam espessuras entre 3 a 5 mm.

Os envidraçados em forma de guilhotina apareceram por volta do século XVIII (Figura 6) e segundo Lopes (2006) surgem no nosso país importados pelos ingleses e começam a ser substituídos mais tarde pelos envidraçados em forma de batente com duas folhas, bandeira e abertura para o exterior na maioria dos casos e com portadas interiores (Figura 7).



Figura 6: Fotografias de vãos envidraçados em forma de guilhotina no centro de Aveiro.



Figura 7: Fotografias de vãos envidraçados de duas folhas de abrir no centro de Aveiro.

Os envidraçados e as próprias dimensões dos vãos terão sido resultado da tecnologia existente e da dimensão máxima permitida pelo fabrico do vidro, os envidraçados teriam dimensões múltiplas de acordo com os vidros disponíveis. A tecnologia do fabrico do vidro avança rapidamente no século XIX, o que contribui decisivamente para esta mudança: as duas folhas e a bandeira contemplam dimensões de envidraçados até então impossíveis de atingir. As ombreiras dos vãos são constituídas por calcário (pedra de ançã) ou granito com largura igual à espessura das paredes e com perfil desenhado em forma de batente. Os envidraçados daquela época encontram-se sempre na face exterior do plano da fachada e no interior, portadas de batente de duas ou quatro folhas que recolhem para o interior da parede (Lopes, 2006).

Depois de analisado o levantamento do edificado em Aveiro conclui-se que os envidraçados eram construídos manualmente e com diferenças na geometria, sendo que o material mais utilizado era a madeira por ser o mais abundante naquela época.

Apesar de existir uma grande preocupação em preservar os centros históricos, é também possível ver que por vezes as intervenções ao nível da reabilitação não se enquadram. Muitas vezes os materiais existentes são substituídos por outros de diferentes características, dando origem a alteração do traçado dos centros históricos.

Capítulo 3

Descrição do edifício em estudo – Palacete

Visconde de Valdemouro

3 Descrição do Edifício em Estudo – Palacete Visconde De Valdemouro

O edifício em estudo situa-se no centro de Aveiro (40,64° latitude e -8,65° longitude), freguesia da Vera Cruz, numa zona bastante edificada, sendo delimitado pelas ruas José Estevão a oeste, Marques Gomes a sudoeste e Travessa dos Ourives a este (Figura 8). O edifício encontra-se na denominada faixa litoral do país, dada a sua distância à costa ser inferior a 50 quilómetros. A entrada principal do edifício localiza-se na Rua José Estevão.



Figura 8: Fotografia aérea da localização do edifício (Fonte: Google Earth).

3.1 Estilo Arquitetónico e História

O Palacete Visconde de Valdemouro apresenta estilo arquitetónico neoclássico. O neoclássico surgiu em França e Inglaterra à data de 1750 sendo que em 1830 teve o seu apogeu em toda a Europa. É um movimento cultural que se desenvolveu depois do barroco e veio a revelar-se mais tarde num importante movimento artístico, sobretudo no que diz respeito a arquitetura, redescobrimdo a arquitetura clássica.

Todos os elementos arquitetónicos que caracterizavam as construções da época clássica da civilização europeia assolaram as novas construções, que tinham na cidade de Roma um forte local

de inspiração proporcionada pela simplicidade das formas greco-romanas que ali haviam resistido às marcas do tempo. A nível global pode dizer-se que o neoclassicismo regressou ao classicismo da Renascença e dos Antigos, acolhendo em si duas atitudes de espírito marcantes: o racionalismo e o empirismo.

Com o aparecimento do Neoclassicismo surgiu uma nova estética com o estudo e escolha do mais e útil e belo nas obras dos antigos, a defesa da simplicidade nas linhas, formas, cores e temas e ainda o aprofundamento de ideias e sentimentos.

Segundo Châtelet & Groslier (1992) definem o estilo arquitetónico, Neoclassicista, como sendo “uma reação contra a frivolidade da arte e dos costumes da primeira metade do século XVIII e contra as complicações do estilo rocaille ou rococó, condenado por razões morais ou estéticas. Os filósofos das luzes, os autores da enciclopédia, esforçam-se por transformar a sociedade, quer pelo progresso científico e técnico, quer por um regresso à simplicidade; sonha-se com um mundo melhor, com uma espécie de “idade de ouro” governada pela razão natural e pela justiça. Este fervilhar de ideias generosas conduz às revoluções políticas e sociais, americana primeiro, francesa depois, donde emergirá um mundo moderno. Propõe-se à gente novos exemplos de virtude cívica, de dedicação ao bem público e à pátria, de energia e ascese, que na arte se traduzem pela força plástica, pela simplicidade da composição, do desenho e da cor e pelo empobrecimento voluntário da técnica. O regresso ao antigo não passa de um meio de alcançar este ideal: pedem-se assuntos morais à História da Grécia e da República romana e uma linguagem formal à arte greco-romana.” (Châtelet & Groslier, 1992).

A arquitetura neoclássica tem como principais características a utilização de materiais nobres tradicionais (mármore, granito e madeira) e modernos (ladrilho cerâmico e ferro fundido), sistemas construtivos estruturados a partir de arco redondo e de inspiração romana, plantas geométricas e simétricas, pórticos colunados, frontões triangulares com tímpanos esculpidos, entablamentos direitos de frisos lisos ou decorados, obediência formal e estrutural às ordens clássicas, pórticos colunados e uma organização geométrica e formal dos espaços interiores (elementos estruturais com forma clássica, pintura mural e relevo em estuque).

O palacete foi escolhido para receber honrosas visitas da cidade, entre elas o Presidente da República Portuguesa em 1932, Marechal António Óscar de Fragoso Carmona, e o Cardeal de Lisboa em 1940, D. Manuel Gonçalves Cerejeira. O Palacete serviu ainda de residência ao pai do romancista Eça de Queirós, o Dr. José Maria de Almeida Teixeira de Queirós, quando delegado do Procurador Régio em Aveiro, sendo neste edifício que a 30 de setembro de 1853 nasceu a sua filha Aurora.

3.2 Geometria do Edifício

O edifício é constituído por 3 pisos (Figura 9, Figura 10 e Figura 11), com duas fachadas orientadas a (E e W) desobstruídas e duas fachadas orientadas a (N e S) em contacto com edifícios adjacentes. Relativamente à envolvente inferior é constituído por um piso térreo e a envolvente superior por uma cobertura inclinada com desvão fortemente ventilado e por uma cobertura plana.

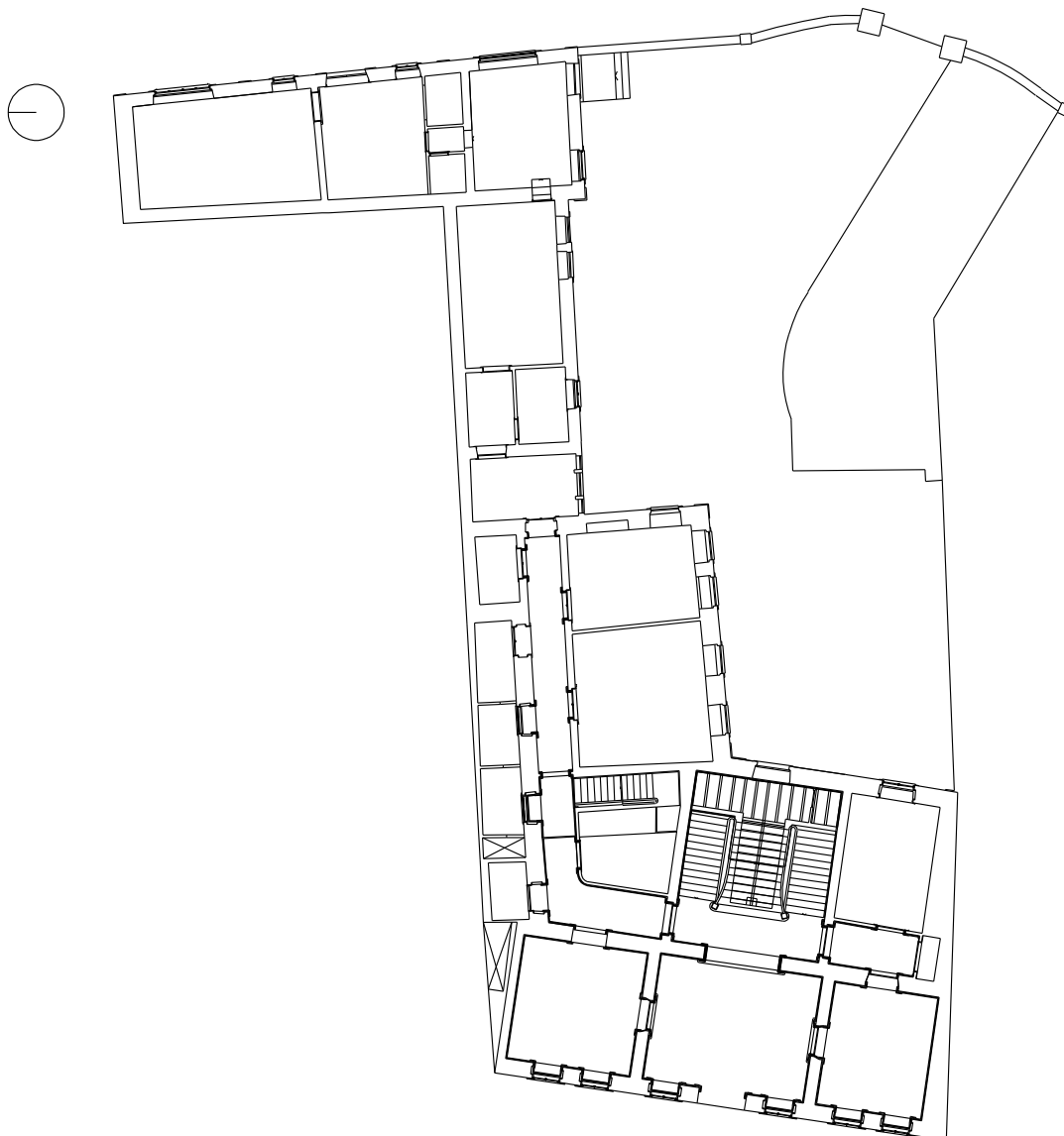


Figura 9: Planta do piso 0.

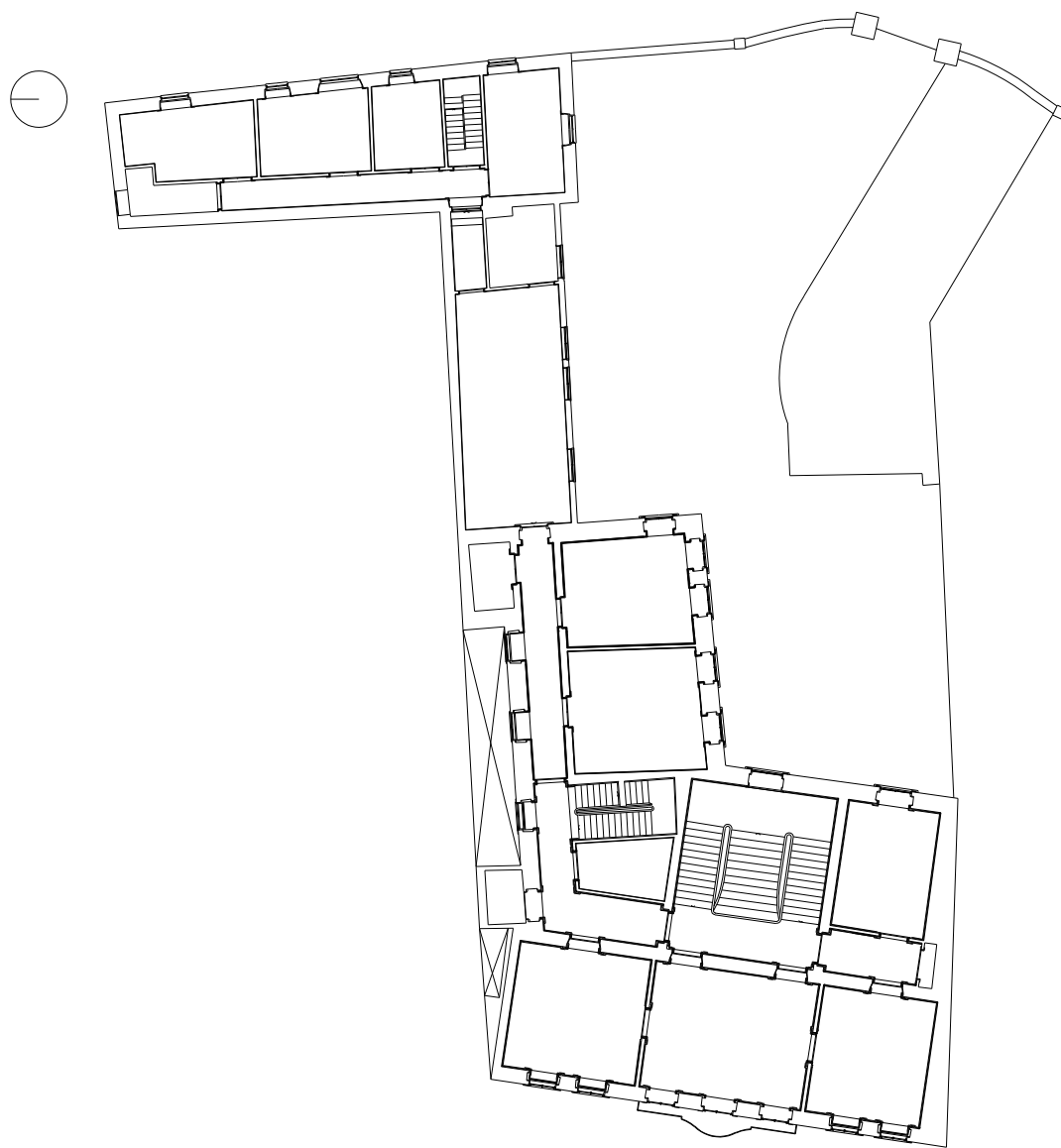


Figura 10: Planta do piso 1.

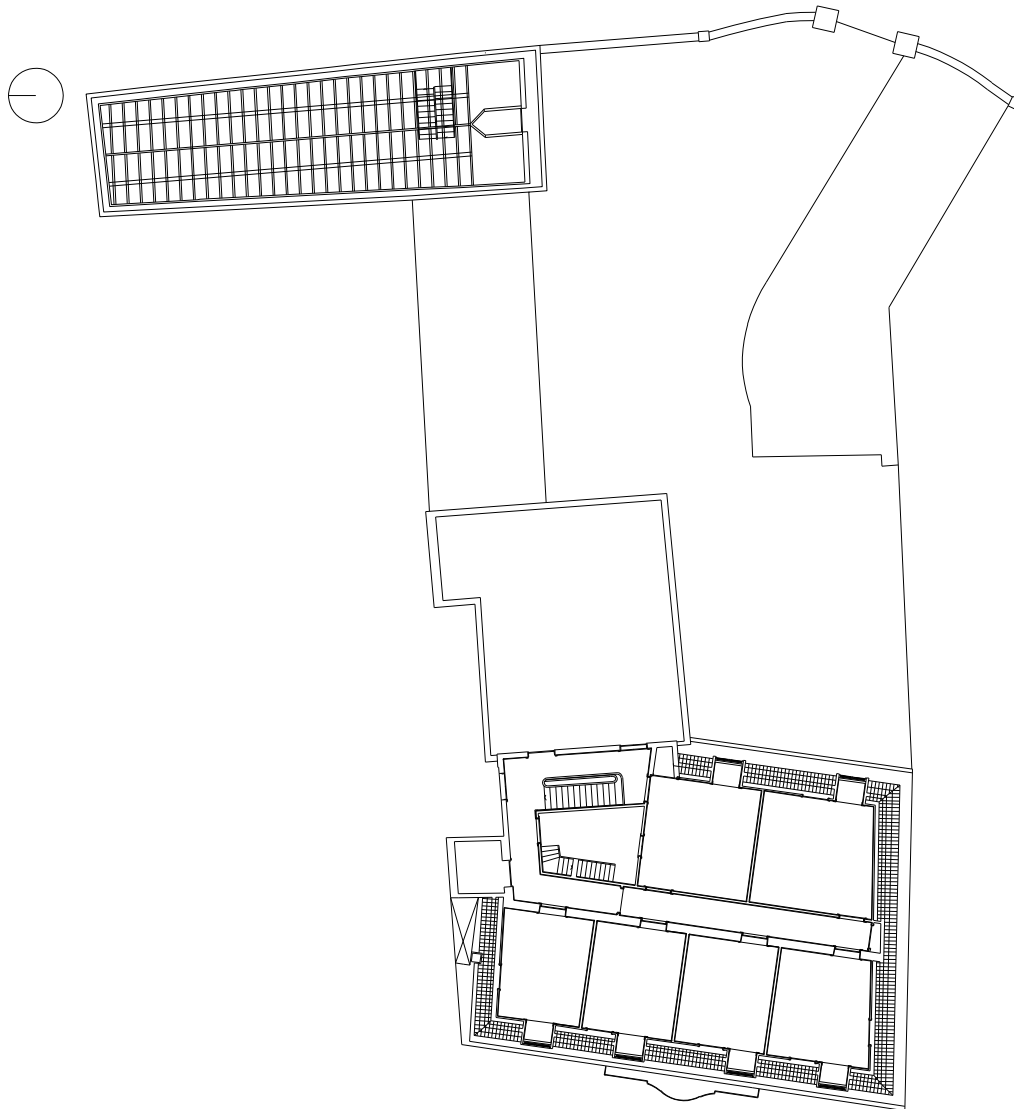


Figura 11: Planta do piso 2.

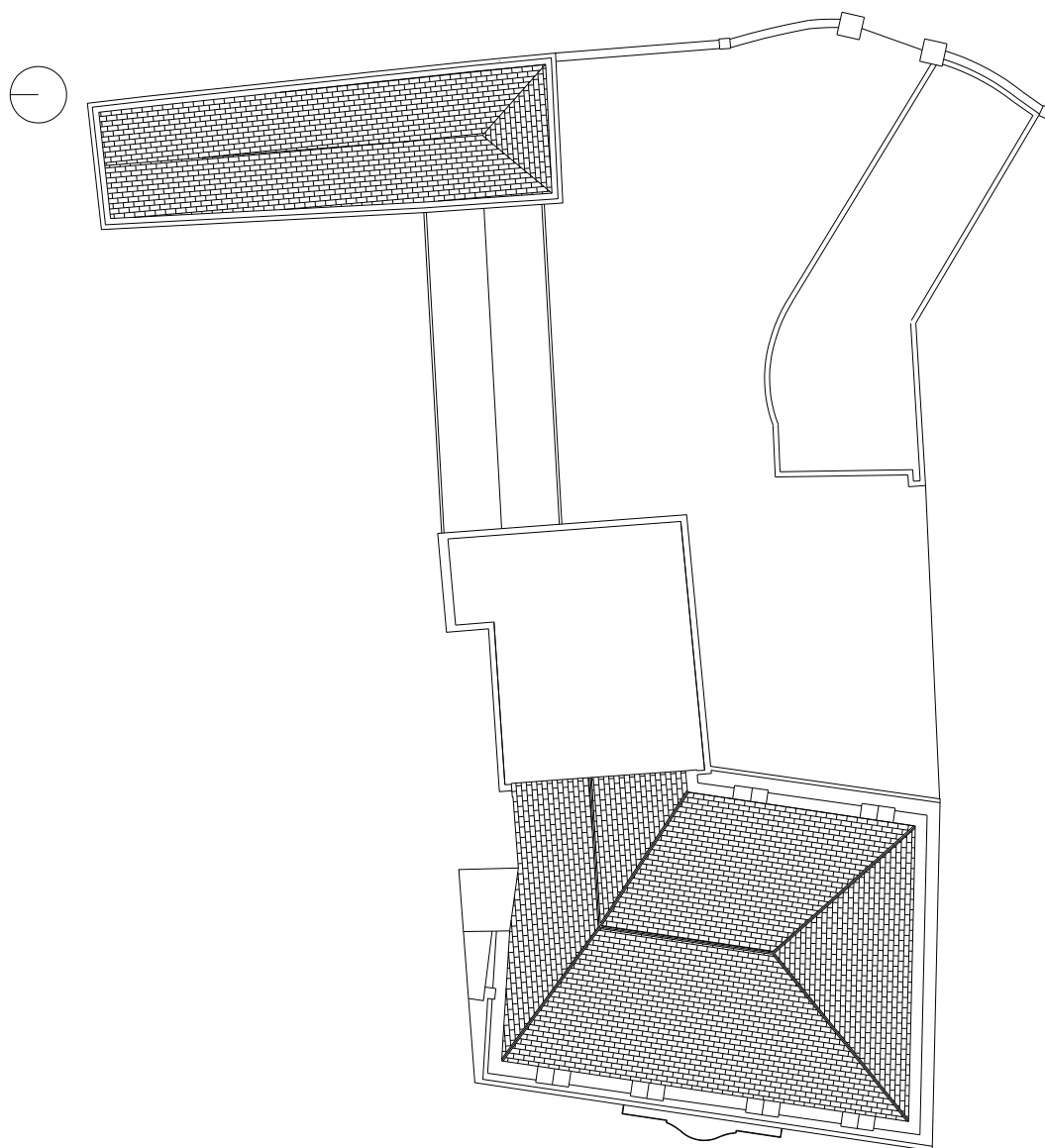


Figura 12: Planta da cobertura.

As Figura 13, Figura 14, Figura 15, Figura 16 representam os alçados do edifício em estudo.



Figura 13: Alçado Oeste – entrada principal.



Figura 14: Alçado Este – entrada secundária.



Figura 15: Alçado com vista para o pátio nº1.



Figura 16: Alçado com vista para o pátio nº2.

O edifício ocupa 507,29 m² de uma área total de terreno de aproximadamente 902,87 m². Na Tabela 2 evidenciam-se algumas propriedades geométricas do edifício. A cobertura com desvão fortemente ventilado foi considerada espaço não útil.

Tabela 2: Propriedades geométricas do edifício.

Área útil (m ²)	Área não útil (m ²)	Volume (m ³)
544,47	187,64	2355,76

Na Tabela 3 é apresentada a área opaca e envidraçada e a respetiva relação percentual por orientação da fachada.

Tabela 3: Relação percentual entre superfícies opacas e envidraçadas.

	Área opaca, A _o (m ²)	Área envidraçada, A _{env} (m ²)	A _{env} /A _o (%)
Norte	60,42	13,28	21,98
Sul	47,30	25,38	53,66
Este	115,02	29,04	25,25
Oeste	145,74	45,84	31,45

O Palacete Visconde de Valdemouro é constituído por três edifícios construídos em três fases distintas (no Capítulo 5, a avaliação do desempenho energético apenas se efetuou para o edifício mais antigo). A parte nobre do palacete, foi o primeiro edifício a ser construído, iniciando-se nos finais do século XVIII. Não se conseguindo saber qual o ano de construção do Palacete sabe-se apenas que a sua construção foi iniciada nos finais do século XVIII e princípios do século XIX tendo um estilo arquitetónico neoclássico, fato este que está bem marcado na fachada principal (Figura 17 esquerda). A avaliação energética debruçou-se apenas sobre esta parte do edifício.

Na fachada, os setores laterais de ambos os planos são preenchidos com duas janelas cada, simétricas e iguais em cada plano. Ao centro inferiormente inclui-se o portal de entrada entre pilastras estriadas, à altura do capitel é definido com os capitéis das janelas uma linha secundária, rematando todas as três aberturas em arco de volta inteira.

No interior, é a partir do amplo hall de entrada que se abre o acesso às dependências laterais bem como a escadaria monumental em madeira (Figura 17 direita), que se desenvolve num só lanço até meio do pé direito e posteriormente em duas vias até ao piso superior com paredes fingidas, pintadas em tons de mármore rosa.



Figura 17: Fotografias do edifício em estudo. Fachada principal (esquerda); Escadaria interior do hall principal (direita);

O Palacete possui uma coleção de tetos decorados em estuque, Figura 18, com motivos florais, a imitar madeira, desenhos geométricos e figuras humanas. Estes são os principais temas esculpidos que não são repetidos nas diversas divisões.



Figura 18: Fotografias com exemplos dos tetos em estuque presentes no Palacete. Teto decorado em estuque (esquerda); Teto em estuque a imitar madeira (direita)

3.3 Caracterização dos Elementos Construtivos da Envolvente Opaca

3.3.1 Caracterização de Argamassas

O uso de métodos não destrutivos *in situ* para complemento de análises em laboratório são importantes para a caracterização e avaliação do estado de conservação de edifícios antigos, pois permite obter características importantes sobre o edifício para posterior aplicação de técnicas de reabilitação compatíveis com o existente.

Para a caracterização das paredes exteriores do edifício do caso de estudo realizaram-se ensaios de determinação do traço; dimensão das partículas; composição química; composição mineralógica; capacidade de absorção de água da argamassa (Figura 19). Foi necessário proceder a esta caracterização, para o calculo do desempenho energético.

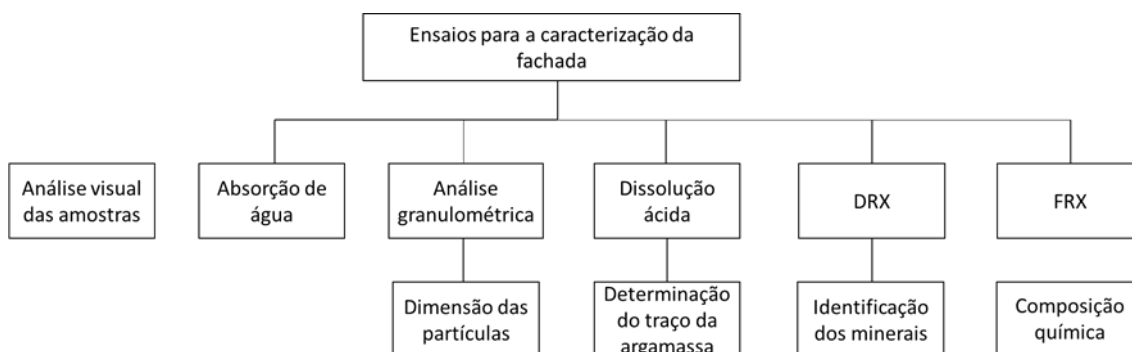


Figura 19: Fluxograma dos ensaios para a caracterização de soluções construtivas opacas.

Depois de recolhidas amostras da solução da parede exterior (Figura 20) foram posteriormente identificadas com a seguinte nomenclatura: P1/F1 Carotes; P1/F1 Enchimento/Reboco; P1/F2 argamassas de exterior mais revestimento; e P1/F2 reboco de enchimento.



Figura 20: Fotografias dos dois locais de amostragem realizadas a partir do exterior do edifício. Local da 1ª amostragem (esquerda); Local da 2ª amostragem (direita).

Numa primeira fase e antes de proceder a realização dos ensaios em laboratório, fez-se a análise visual das amostras recolhidas (Tabela 4). A amostragem realizou-se no dia 22 de janeiro de 2016.

Tabela 4: Análise visual das amostras.

Amostra	Registo fotográfico	Descrição visual
P1/F2: Argamassa de Exterior mais revestimentos		<p>Amostra com duas texturas distintas, lisa de coloração branca na parte exterior), e granular fina homogénea e rugosa de coloração bege na parte que fica em contacto com a parede de alvenaria Na argamassa é possível identificar-se uma matriz de grãos de quartzo bem calibrados de dimensão inferior a 3mm.</p> <p>Argamassa Exterior = 13 mm</p> <p>Revestimento = 3 mm</p>
P1/F1: Carotes		<p>Amostra com textura granular grosseira com coloração que varia entre a cor vermelhada e bege. É possível individualizar-se três principais constituintes, a vermelho escuro arenito, a rosa fragmentos de cerâmica, e a bege argamassa.</p>
P1/F1: Enchimento / Reboco		<p>Amostra de textura granular mal calibrada, com fragmentos de rocha e cerâmica de cor diversa inferiores a 10 mm de diâmetro, envoltos numa matriz de grãos de quartzo mediantemente calibrados com</p>

**P1/F2: Reboco de
Enchimento**



dimensões inferiores a 3 mm e unidos por um ligante de coloração que varia entre branco e bege.

Amostra de textura granular mal calibrada, com fragmentos de quartzo arredondados com dimensões até 13 mm de diâmetro, unidos por um ligante de coloração que varia entre branco e bege.

- **Ensaio de dissolução ácida – determinação de insolúveis em HCl**

O ensaio de dissolução ácida realizou-se segundo o procedimento interno do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro. Inicialmente pesaram-se 50 g de cada amostra, foram desagregadas com a ajuda de um almofariz, e posteriormente foram colocadas numa estufa a 100 °C. De seguida, adicionou-se às amostras ácido clorídrico, diluído em água destilada na razão 1:1 efetuando fundamentalmente a dissolução de carbonatos (calcite, portlandite, dolomite, magnesite) dando origem a um resíduo. Desta forma, procedeu-se à secagem e pesagem do resíduo até obter massa constante (considerou-se massa constante quando a massa, em duas pesagens consecutivas, não varia mais do que 0,1%) para depois se proceder à determinação da quantidade de material solúvel.

O resíduo insolúvel é a parte do cimento que não é solúvel a quente e em determinadas condições em ácido clorídrico.

O resíduo insolúvel em HCl é calculado do seguinte modo:

$$\%Res. Ins. = \frac{m_r - m_0}{m_a} \times 100$$

onde:

m_r – massa do filtro com resíduo (g) (filtro + amostra depois de seca);

m_0 – massa do filtro (g);

m_a – massa da amostra (g);

Os resultados obtidos no cálculo do resíduo insolúvel para cada amostra encontram-se resumidos na Tabela 5.

Tabela 5: Resumo de resultados para o cálculo do resíduo insolúvel.

	P1/F2 Argamassas Ext. + Revestimento	P1 /F1 Carotes	P1/F1 Enchimento / Reboco	P1/F2 Reboco de enchimento
m_r (g)	45,10	44,30	43,10	42,70
m₀ (g)	1,30	1,30	1,30	1,30
m_a (g)	51,60	48,10	49,70	48,90
%Res. Ins.	81,59 %	89,39 %	84,11 %	85,19 %

Nas amostras de argamassa provenientes do edifício em estudo, a fração de material solúvel varia entre 10% e 20%. No que diz respeito à relação entre o peso do agregado e o peso do ligante obteve-se um traço de 1:4 para a amostra P1/F2 argamassa de exterior + revestimento, um traço de 1:8 para a amostra P1/F1 carotes e um traço de 1:5 para as amostras P1/F1 enchimento/reboco e P1/F2 reboco de enchimento (Tabela 6).

Tabela 6: Traço correspondente a cada amostra.

	P1/F2 Argamassas Ext. + Revestimento	P1 /F1 Carotes	P1/F1 Enchimento / Reboco	P1/F2 Reboco de enchimento
%Res. Ins.	81,59 %	89,39 %	84,11 %	85,19 %
%Fração. Sol.	18,40 %	10,60 %	15,90 %	14,80
Traço	1:4	1:8	1:5	1:5

Analisando os resultados das amostras não é possível afirmar que exista predominância de um traço.

Os resultados obtidos não permitiram definir com rigor um traço porque, apesar de se considerar que só o ligante é dissolvido pelo ácido clorídrico é muito difícil definir os limites de dissolução podendo ocorrer a dissolução de outros materiais cristalinos e também pelo facto do estado de conservação das amostras variar, podendo existir amostras que tenham alterado a sua constituição.

Na época de construção do edifício, derivado da falta de conhecimento da técnica resulta de falta de rigor na dosagem dos materiais, sendo a quantidade de cada material imputada unicamente a experiência de cada operário. Este pode também ser um dos motivos pelo que não se conseguiu determinar o mesmo traço.

O traço obtido pode não corresponder ao traço inicialmente utilizado, devido à dissolução de alguns constituintes pela água da chuva ou à sua decomposição por outras causas naturais.

- **Análise granulométrica**

A análise granulométrica realizou-se segundo a Norma Portuguesa EN 933-1. Este ensaio consiste na separação física por meio de um conjunto de peneiros, de um material em diversas classes granulométricas de granulometria decrescente. A dimensão das aberturas e o número de peneiros são selecionados de acordo com a natureza da amostra e a pressão exigida. A massa das partículas retida nos diversos peneiros é relacionada com a massa inicial do material.

O ensaio foi realizado utilizando a parte sólida restante do ensaio da dissolução ácida. A parte sólida foi seca e peneirada com peneiros de diferentes aberturas, com o propósito de se calcular a percentagem do material passado e retido em cada peneiro. Este ensaio tem um erro associado devido à utilização do resíduo da dissolução ácida, que não é em quantidade desejável e contém perdas ocorridas na separação do resíduo com o filtro onde este se encontra. Antes de colocar a amostra a secar a 100°C procedeu-se a sua lavagem num peneiro de 63µm até que água que atravessa esse peneiro seja límpida.

As análises granulométricas realizadas nas amostras recolhidas revelam alguma semelhança. Nas amostras P1/F1 (enchimento / reboco) e P1/F2 (argamassa de exterior + revestimento) apresentam uma granulometria sem partículas grossas, começando a ficar retido no peneiro de 4 mm. Nas amostras P1/F2 reboco de enchimento e P1/F1 carotes existe uma percentagem de material retido no peneiro de 8 mm. As maiores percentagens de material retido são observadas entre os peneiros de 0,125 mm e de 1 mm (Figura 21).

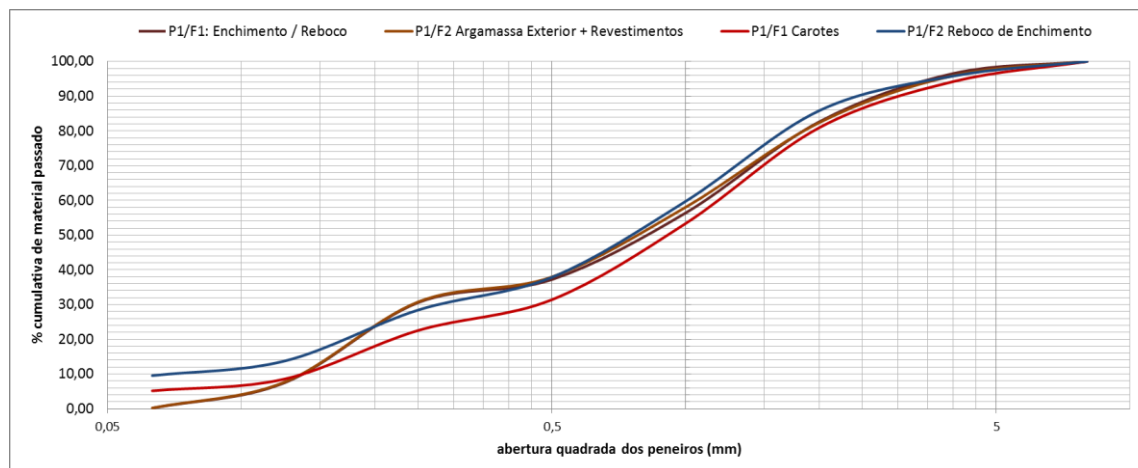


Figura 21: Curvas granulométricas correspondentes às quatro amostras analisadas.

Quanto menor for o declive maior distribuição existe do material da amostra recolhida nos vários peneiros. Verificou-se uma semelhança entre as amostras P1/F1 (enchimento / reboco) e P1/F2 (argamassa de exterior + revestimento), no entanto, apresentam uma maior percentagem de finos (Figura 22). Como as amostras P1/F1 reboco de enchimento e P1/F1 carotes existe material que ficou retido no peneiro de 8 mm a percentagem de finos não se torna tão elevada (Figura 23).

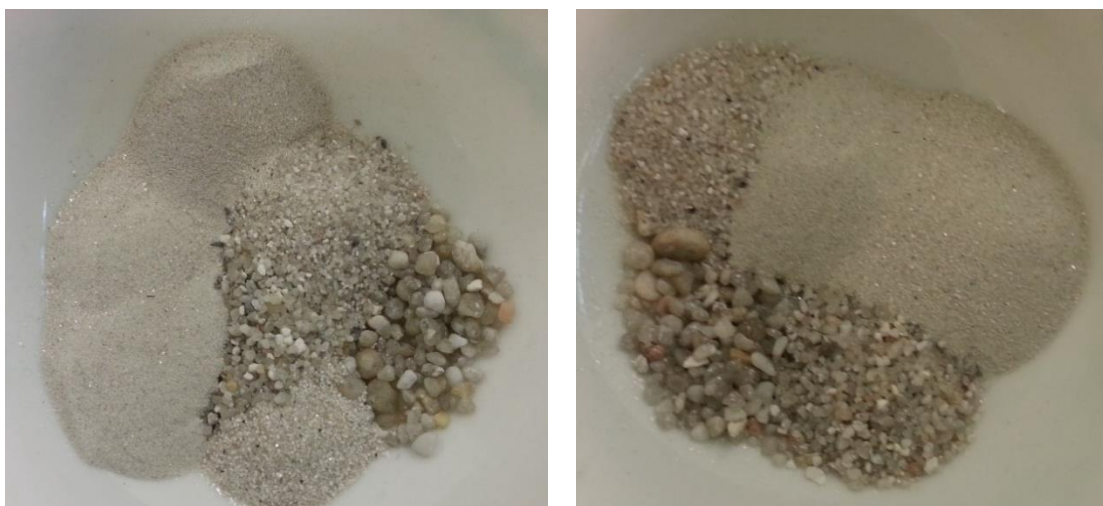


Figura 22: Fotografias com os agregados das amostras com maior percentagem de finos. Agregado da amostra P1/F1 enchimento/reboco (esquerda); Agregado da amostra P1/F2 argamassa de exterior + revestimento (direita).



Figura 23: Fotografia com os agregados das amostras com menor percentagem de finos. Agregado da amostra P1/F2 reboco de enchimento (esquerda); Agregado da amostra P1/F1 carotes (direita).

Analisando os resultados obtidos das análises às argamassas recolhidas no edifício, conclui-se que as distribuições granulométricas das várias argamassas na construção do edifício são semelhantes.

- **Composição química - FRX**

A determinação da composição química através de FRX permite a deteção de elementos presentes na amostra, através da excitação da amostra por um feixe de raios X. O equipamento utilizado para este ensaio foi um Espectrómetro de Fluorescência Philips PW 1400 X-Ray.

O ensaio de composição química FRX foi realizado através de uma análise química para determinar a composição química das amostras de argamassa e foi realizado segundo o protocolo interno do Departamento Geociências da Universidade de Aveiro.

Para esta análise foi necessária uma amostra com cerca de 12 g. A amostra passou por um processo de moagem até a fração fina passar pelo peneiro de 75 μm , seguida por um processo de secagem.

Analisando os resultados da composição química das amostras (Tabela 7) conclui-se que apenas o estuque apresenta valores diferentes das restantes amostras, sendo que os resultados obtidos para as restantes amostras são semelhantes.

Tabela 7: Composição química determinada por FRX das amostras em estudo.

Amostras	P1/F1 Carotes	P1/F1 Enchimento / Reboco	P1/F2 Argamassa Exterior	P1/F2 Reboco de Enchimento	Estuque
Na ₂ O	1,386	0,747	0,531	0,836	0,065
MgO	1,158	0,703	0,640	0,970	0,313
Al ₂ O ₃	15,774	13,087	11,079	13,229	0,343
SiO ₂	28,921	26,107	22,506	24,907	1,547
P ₂ O ₅	0,047	0,042	0,037	0,045	0,013
SO ₃	0,434	0,629	0,237	0,945	23,164
Cl	0,603	0,565	0,610	1,102	0,029
K ₂ O	2,245	2,451	2,018	1,904	0,054
CaO	24,564	29,400	32,950	27,627	48,246
TiO ₂	0,311	0,342	0,309	0,288	nd
Cr	0,007	nd	0,006	nd	nd
MnO	0,029	0,016	0,019	0,029	nd
Fe ₂ O ₃	2,319	1,815	1,651	1,965	0,103
Ni	0,003	0,005	0,004	0,004	nd
Cu	nd	0,004	0,003	0,007	nd
Zn	0,005	0,006	0,002	0,005	0,024
Ga	0,002	0,002	0,002	0,002	nd
Rb	0,015	0,016	0,013	0,012	nd
Sr	0,015	0,025	0,026	0,032	0,107
Y	0,001	0,001	0,002	0,001	nd
Zr	0,015	0,023	0,021	0,015	nd
Nb	0,001	nd	0,001	0,001	nd
Ba	0,022	0,025	0,031	0,024	0,020
Pb	0,005	0,007	0,003	0,004	nd
Br	0,001	0,001	0,001	0,002	nd
V	0,007	nd	nd	0,003	nd
LOI	22,110	23,980	27,300	26,030	25,970

As amostras P1/F1 carotes, P1/F1 enchimento e reboco, P1/F2 argamassa de exterior e P1/F2 reboco de enchimento tem maiores percentagens de cálcio e de sílica. A percentagem elevada de óxido de cálcio revela a presença de uma fração rica em calcário provavelmente da cal utilizada como ligante, enquanto que a percentagem de sílica está relacionada com a presença de uma fração rica em quartzo existente no agregado. As amostras também possuem uma percentagem significativa de óxido de alumínio que juntamente com sílica podem representar a presença de filossilicatos (argilas).

- **Determinação da composição mineralógica - DRX**

O ensaio DRX permite determinar qualitativamente os minerais cristalinos presentes nas amostras e foi realizado segundo o protocolo interno do Departamento Geociências da Universidade de Aveiro.

A análise realizou-se para os agregados não orientados da amostra total moída. Para o ensaio foi retirada uma pequena porção da amostra previamente desagregada num almofariz, por forma a não alterar a sua granulometria. Posteriormente a amostra foi colocada no difractómetro de raios x, comprimindo levemente o pó para não ser conferida uma orientação preferencial dos cristais.

Para a obtenção dos difractogramas da fração menor (0,063 mm) utilizou-se um difractómetro Philips X' (Brindley & Brown, 1980).

As amostras (P1/F1 enchimento e reboco; P1/F1 carotes; P1/F2 argamassa de exterior + revestimento; P1/F2 reboco de enchimento; e estuque) no edifício evidenciam uma composição mineralógica idêntica exceto o estuque, como já era expectável pelos resultados obtidos para a composição química (Tabela 8).

A presença de anfíbolos na amostra P1/F1 Carotes pode significar a presença de rochas como o granito, este facto vem comprovar a análise visual feita inicialmente, onde se observou fragmentos de rochas.

A calcite presente em todas as amostras possibilitou a confirmação da existência de argamassas através de ligante de cal aérea, podendo também existir a presença de calcário no agregado.

Tabela 8: Composição mineralógica determinada por DRX às amostras recolhidas no caso de estudo.

Amostra	Quartzo	Calcite	Anfíbulas	Plagioclase	Feldspato	Gesso
P1/F1	Abundante	Abundante	-	Presente	-	-
Ench./Reb.						
P1/F1 Carotes	Abundante	Abundante	Presente	Presente	-	-
P1/F2 Arg. Ext.	Abundante	Abundante	-	Presente	-	-
+ Rev.						
P1/F2 Reb. de	Presente	Abundante	-	-	Presente	-
Enchimento						
Estuque	-	Abundante	-	-	-	Abundante

- **Absorção por capilaridade**

Na absorção por capilaridade, normalmente há apenas uma face em contacto com a água, e a absorção desenvolve-se por fenómenos de sucção, em sentido contrário ao da gravidade (Pereira, 2008). Absorção por capilaridade é expressa pelo coeficiente de capilaridade, C , o qual descreve a capacidade que uma argamassa endurecida tem de absorver água, de forma natural, sem se exercer pressão (EMO, 2001).

O ensaio da absorção de água por capilaridade foi realizado segundo o procedimento de ensaio descrito na Norma Europeia EN 1015-18. A amostra deve ser constituída por provetes recolhidos *in situ* com volume semelhante a metades de prismas de 40 mm x 40 mm x 160 mm e com uma superfície plana, que será colocada em contacto com a água. Neste ensaio não se respeitaram as condições impostas pela norma em relação ao volume pois não foi possível recolher amostras com os parâmetros exigidos.

A água absorvida é determinada através da diferença das massas medidas periodicamente e a sua massa inicial. Segundo a Norma Europeia EN 1015-18, o coeficiente de capilaridade é por definição igual ao declive da reta, para os primeiros pontos do traçado, que relaciona a água absorvida por unidade de área, em kg/m^2 e a raiz quadrada do tempo de absorção, em minutos^{0,5}.

Inicialmente pesaram-se as amostras secas e depois colocaram-se num tabuleiro com o fundo revestido com geotêxtil húmido, mas não imerso em água, (Figura 24). Com o passar do tempo efetuaram-se medições das massas das amostras até estabilizarem.



Figura 24: Fotografias das amostras e exemplo do ensaio da capilaridade. Amostras secas antes do ensaio (esquerda); Ensaio de absorção de água por capilaridade (direita).

A amostra que obteve um coeficiente de capilaridade mais elevado foi a amostra de estuque proveniente do interior do interior do edifício (Figura 25). Os valores obtidos para esta amostra eram esperados pois é uma argamassa resultante da adição de gesso, água e cal com elevada capacidade de absorção por capilaridade.

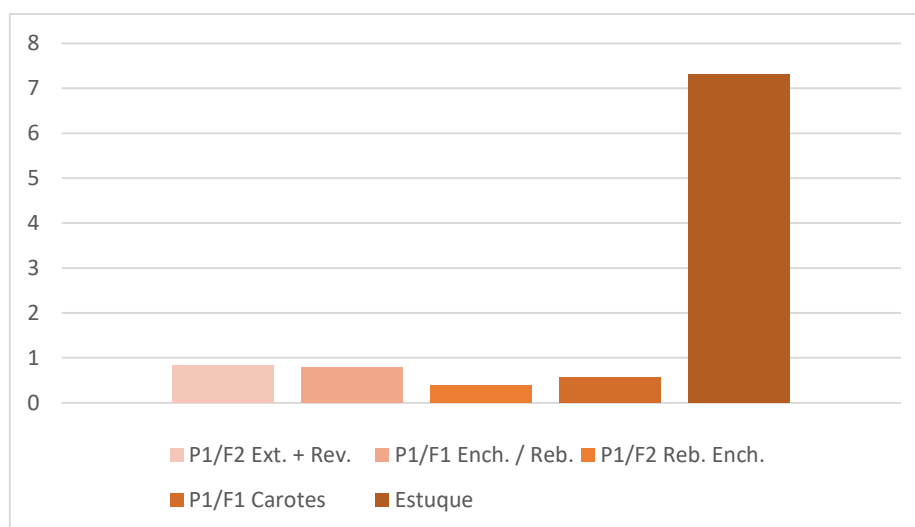


Figura 25: Coeficiente de capilaridade de todas as amostras analisadas.

Comparando as amostras P1/F2 exterior e revestimento, P1/F1 enchimento e reboco, P1/F2 reboco de enchimento e P1/F1 carotes (Figura 26) os coeficientes de capilaridade variam entre 0,388 e 0,842 $\text{kg/m}^2 \cdot \text{t}^{1/2}$. O valor mais elevado é para a amostra P1/F2 exterior e revestimento, sendo este valor justificado pelo facto de ser uma amostra em contacto com o exterior, estando mais exposta às condições atmosféricas e pelo seu estado de degradação, o valor mais baixo é para

a amostra P1/F2 reboco de enchimento como se trata de uma argamassa utilizada como ligante e estando protegida de ambientes externos não se encontra muito degradada.

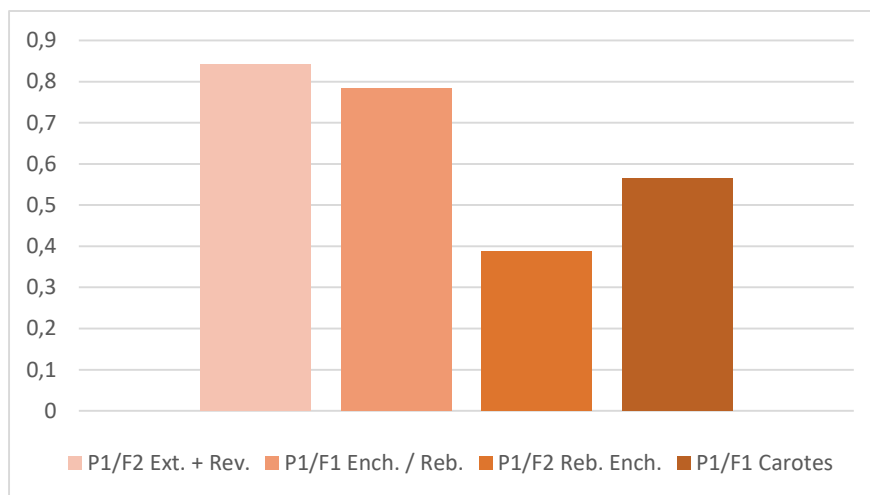


Figura 26: Coeficiente de capilaridade em quatro das amostras analisadas.

3.3.2 Caracterização da envolvente opaca

Depois de analisados os resultados dos ensaios para determinar a composição da parede exterior do edifício não se consegue concluir qual o traço predominante da argamassa, no entanto para o reboco de enchimento definiu-se um traço de 1 para 5 e para a argamassa de revestimento o traço é de 1 para 4. Através da carote extraída pode concluir-se que a parede é constituída por diversos materiais (cerâmicos, rochas, entre outros) obtendo-se um traço de 1 para 8.

As paredes exteriores da fachada são executadas em alvenaria (cerâmicos, rochas) com argamassa de enchimento e reboco exterior e interior (Figura 27).

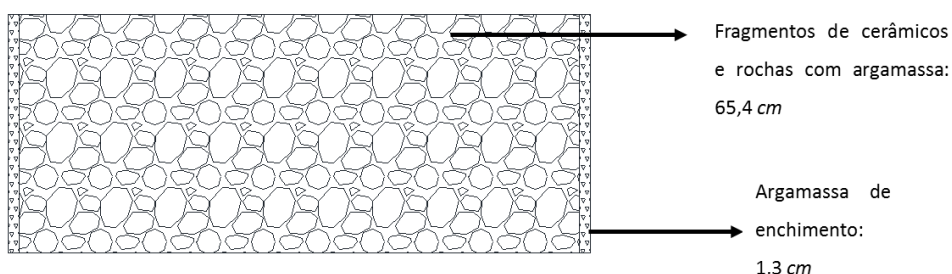


Figura 27: Descrição da solução construtiva de parede exterior.

Os pavimentos interiores do edifício são executados numa laje de taipa com uma caixa de ar e na face interior são revestidos com soalho de madeira (Figura 28).

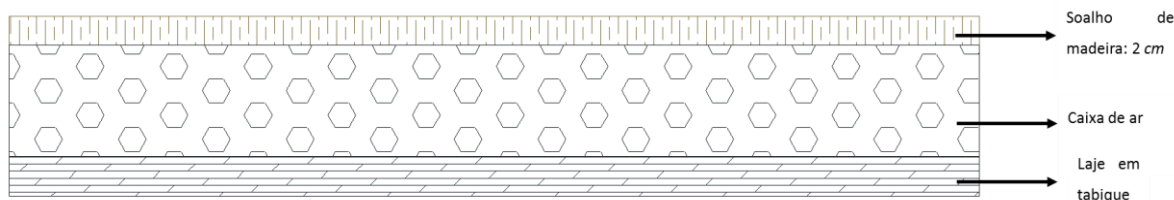


Figura 28: Descrição da solução construtiva do pavimento interior.

A cobertura do edifício (Figura 29) é inclinada com estrutura de asnas triangulares com cinco pontos de apoio com tramos à tração em madeira sobre a qual assenta uma subestrutura que serviu para o assentamento do revestimento. As vigas são apoiadas em pilares e vigas. O desvão não sendo habitável funciona como câmara de ventilação. Antigamente a subestrutura era essencialmente constituída por um sistema de varas, ripas e madres que transmitiam as cargas do revestimento a determinados pontos da estrutura (Mascarenhas, 2007).

As coberturas com estruturas em madeira e por questões de estética, geralmente procura-se que a estrutura seja vista do interior e assim sendo os acabamentos localizam-se acima da estrutura.

Este tipo de coberturas com asnas em madeira deixou de ser usado na construção devido a vários fatores tais como: escassez de madeiras nacionais com grandes resistências, escassez de peças de madeira com grandes secções; desinteresse pela construção de asnas tradicionais; mão de obra cada vez mais rara e cara; e secagem e tratamento da madeira nem sempre adequados.



Figura 29: Levantamento fotográfico da cobertura do edifício em estudo.

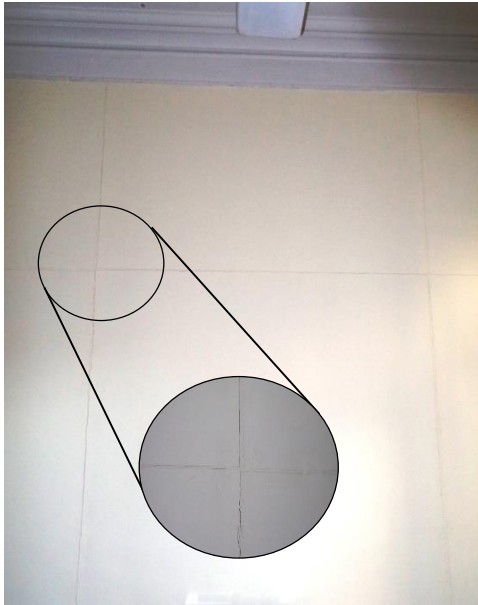
3.4 Identificação da Degradação do Edifício

O edifício em estudo apresenta algum estado de degradação, sendo que foi possível identificar algumas anomalias com a ajuda de registos fotográficos obtidos no edifício.

Foram detetados 6 tipos de anomalias:

- Tipo 1 – Fissuração: aparecem nos materiais quando a sua capacidade resistente é excedida. Existem neste edifício fissuras ao nível dos revestimentos e algumas pontuais a nível estrutural.
- Tipo 2 – Degradação superficial: ocorre principalmente nos fingimentos e no hall de entrada principal essencialmente devido a falta de manutenção. A degradação provoca um impacto visual negativo e ao não ser tratada convenientemente agrava a degradação dos materiais.
- Tipo 3 – Colonização biológica: trata-se de um estrato superficial fino, de natureza biológica e coloração diversa, do tipo musgos e fungos que acontece com mais frequência nas zonas onde há permanência de humidades e mais sombrias, no caso da colonização biológica no exterior.
- Tipo 4 – Manchas: este tipo de anomalia ocorre um pouco por todo o edifício, sendo mais notória em zonas com presença de humidade ou infiltrações de águas pluviais.
- Tipo 5 – Destacamento dos revestimentos: existe destacamento dos revestimentos de estuque ao nível dos tetos e ainda destacamento/descolamento quer ao nível interior como exterior. Este destacamento existe principalmente devido a humidades presentes no suporte.
- Tipo 6 – Eflorescências: algumas zonas das paredes interiores do edifício em análise apresentam algumas eflorescências, causadas possivelmente por humidades e fraca ou inexistente ventilação.

De seguida apresenta-se o registo fotográfico com exemplos para os 6 tipos de anomalias descritos anteriormente.



As fissuras apresentam duas direções, horizontal e vertical, que se estendem ao longo de todo o comprimento e altura da parede, respetivamente. Esta fissuração apresenta uma abertura na ordem de 1mm.

A anomalia em questão é possivelmente associada a diferentes fases de construção da parede ou por uma retração da argamassa devido às diferenças de temperatura aquando da construção.

Figura 30: Fissuração por retração da argamassa.

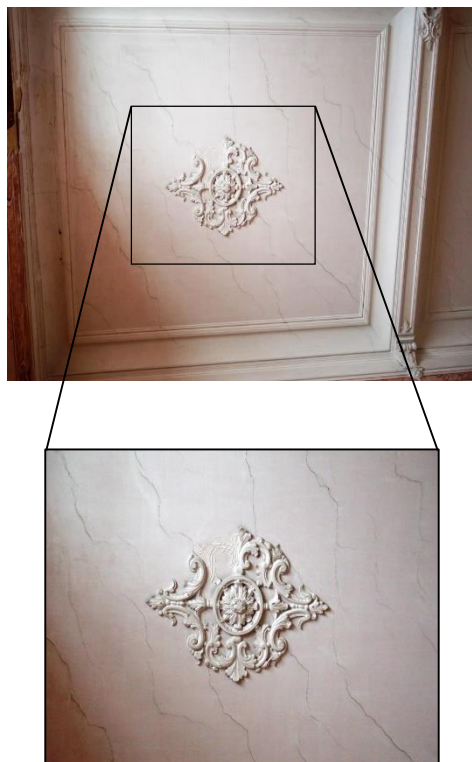


Fissuras verticais na zona superior e fissuras na parede ao longo da laje.

Na Figura 31 verificam-se dois tipos de fissuras distintas, fissuração na zona superior da janela até ao teto, associada à abertura da mesma, tornando aquela zona da parede mais enfraquecida, concentrando-se assim os esforços. E ainda fissuração horizontal na parede acompanhando a laje devido a sobrecargas e uma provável falta de amarração da parede com a viga.

Estas fissuras apresentam uma abertura de amplitude entre 0,1 e 1 mm.

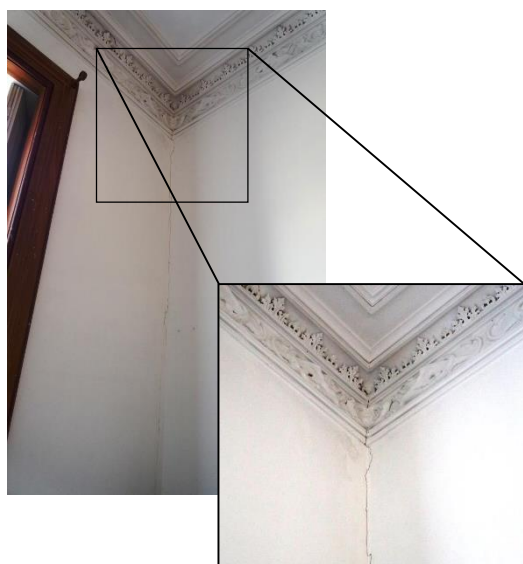
Figura 31: Fissuração devido à concentração de esforços em zonas localizadas.



É possível verificar Figura 32 a presença de várias fissuras na laje do teto, estas são orientadas apenas numa direção e por sua vez paralelas entre si.

As possíveis causas para o aparecimento deste tipo de fissuras pode ser a falta de resistência da laje às ações conferidas na laje. Estas fissuras apresentam uma abertura de amplitude de 0,1 e 1 mm.

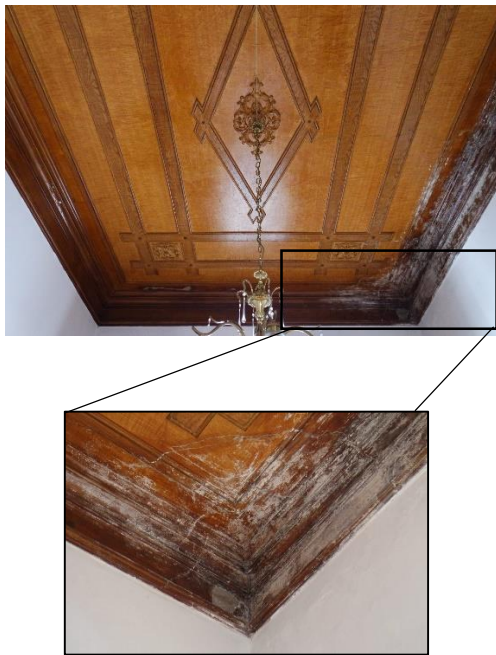
Figura 32: Fissuração na laje orientadas numa direção e paralelas entre si.



Abertura de uma fissura vertical ao longo da parede na zona de interseção de duas paredes ortogonais.

A fissura evidenciada Figura 33 é vertical percorrendo a parede ao longo da sua altura. Esta encontra-se na zona de interseção de duas paredes ortogonais, designada zona do cunhal, sendo a sua causa possível devido aos movimentos horizontais causados pela falta de travamento na zona referida.

Figura 33: Fissuração junto à interseção com outra parede ortogonal (cunhal).



A falta de manutenção do edifício ou possíveis entradas de água originaram que fosse visualizada a base onde o fingimento foi aplicado, o estuque (Figura 34).

Figura 34: Degradação superficial do fingimento de madeira.



A degradação superficial do pavimento (Figura 35) tem como motivos principais a falta de manutenção e os anos de aplicação do pavimento. Dado que se trata de um edifício do século XVIII pressupõe-se que o pavimento poderá estar degradado devido a fadiga por utilização e a falta de manutenção. Pode ainda observar-se o destacamento de algumas partes do mosaico hidráulico.

Figura 35: Degradação do pavimento do hall de entrada.



Presença de humidades, apodrecimento da madeira e contato direto com materiais bastante deteriorados (Figura 36).

As infiltrações de água na cobertura foram provocando gradualmente a deterioração completa dos materiais e consequentemente a queda de uma parte do teto. Devido à falta de manutenção e de ventilação do espaço deu origem ao aparecimento de colonizações biológicas.

Figura 36: Colonização biológica.



Degradação do teto trabalhado em estuque e aspeto visual deficiente com possíveis anomalias mais graves (Figura 37).

A queda do teto do piso superior, devido a infiltrações na cobertura, provocou humidade no teto de estuque trabalhado que por sua vez resultou o aparecimento de manchas.

Figura 37: Manchas no teto com trabalhados em estuque.



A abertura de fissuras num dos cantos do teto provocou humidades que levaram ao aparecimento de manchas e deterioração do estuque (Figura 38).

Aspeto visual deficiente e possíveis anomalias mais gravesas.

Figura 38: Manchas de humidade no teto entre fissuras.



Queda do estuque numa zona lateral do teto (Figura 39), com aproximadamente 50 cm de diâmetro.

É possível também verificar micro-fissuras generalizadas na zona envolvente com 0,1 mm podendo originar no futuro o colapso do restante revestimento.

Esta anomalia poderá ter sido causada devido aos sucessivos carregamentos na estrutura, humidade ou até mesmo má qualidade do estuque utilizado.

Figura 39: Destacamento do revestimento em estuque do teto.



As eflorescências são depósitos cristalinos de cor branca que surgem na superfície dos revestimentos, resultantes da migração e posterior evaporação de soluções aquosas salinizadas. Estes sais em contato com o ar solidificam, causando depósitos. As eflorescências são normalmente causadas pela existência de humidade associada à ação salina, esta humidade pode ter origem por ascensão capilar ou por infiltração.

Aspeto estético afetado, deterioração progressiva do revestimento aplicado e ocorrência de criptoflorescências (Figura 40). Fortes tensões na estrutura porosa do revestimento e consequente perda de aderência e desagregação do revestimento aplicado.

Figura 40: Eflorescências na coluna do arco principal situado no hall de entrada do edifício.

Capítulo 4

Reabilitação de Vãos Envidraçados Existentes

4 Reabilitação de Vãos Envidraçados Existentes

A preocupação em reabilitar os edifícios dos centros históricos tem vindo a crescer. No que respeita aos edifícios com envidraçados de madeira, objetivam-se melhorias do seu desempenho térmico e acústico. No entanto, é possível observar que algumas das intervenções efetuadas não se enquadram na envolvente do edifício, dando origem à descaracterização da fachada.

Nas intervenções em edifícios históricos existe uma parte significativa de alterações à envolvente exterior fazendo-se notar com maior incidência ao nível dos envidraçados, descaracterizando o edifício muitas vezes pela escolha inadequada dos materiais ou devido à alteração do traçado original dos mesmos. O estudo de estratégias de reabilitação de envidraçados de madeira será realizado, por forma a preservar as características e a história do património arquitetónico, bem como a autenticidade do edifício.

Devido à importância de preservar o património histórico arquitetónico no início do século XX, entre 1930 e 1933, surge a carta de Atenas, com as chamadas “Cartas do Património” que definiam a importância de recuperar e restaurar os monumentos em degradação. Mais tarde, em 1964 é escrita a carta de Veneza, no Congresso Internacional de Arquitetos e Técnicos de Monumentos Históricos, que considerava que numa edificação o mais importante seria o seu valor cultural. Em outubro do ano 2000, na Conferência Internacional efetuada na Polónia é escrita a carta de Cracóvia onde os principais temas discutidos foram os trabalhos de conservação do património cultural.

Hoje em dia, a reabilitação de edifícios é reconhecida como uma necessidade nacional para a qual convergem oportunidades para: o desenvolvimento económico; a defesa e salvaguarda de bens culturais e patrimoniais; melhoria das condições de vida e de consumos energéticos (Tavares *et al*, 2011).

Os vãos envidraçados ocupam uma área significativa das fachadas dos edifícios, tornando-se considerável o impacto das características térmicas do envidraçado no desempenho energético dos edifícios e nas condições de conforto interiores. Na estação de aquecimento os envidraçados podem ser responsáveis por cerca de 40% a 70% das necessidades de aquecimento. Na estação de arrefecimento podem ser responsáveis por problemas de sobreaquecimento nos espaços interiores devido à forte exposição solar (Pinto, 2003).

A reabilitação de envidraçados de madeira, definida pelo restauro e conservação da existente ou substituição completa com igual traçado, é necessária para dar resposta às exigências arquitetónicas e culturais de edifício e também do ponto de vista de desempenho térmico, acústico e mecânico.

Do ponto de vista do desempenho térmico, um envidraçado eficiente apresenta um menor valor de transmissão térmica global (U_w). No entanto, pode representar uma dificuldade na otimização do valor de U_w devido a constrangimentos da sua geometria.

O desempenho acústico caracteriza-se pela tipologia de envidraçado, da fabricação do mesmo, da permeabilidade ao ar e do tipo de vidro escolhido. Atualmente, existem no mercado sistemas de envidraçados que combinam o tipo de madeira com a escolha de um vidro que melhoram significativamente o tratamento acústico.

A melhoria do desempenho mecânico permite o tratamento de fissuras tanto ao nível estrutural como por deficiência técnica. Em alguns casos é negligenciável a preocupação do seu desempenho mecânico, derivado da contenção permanente de custos.

4.1 Estratégias de Reabilitação de Vãos Envidraçados

A reabilitação de envidraçados representa um fator importante para preservar o aspeto exterior de um edifício, assim torna-se relevante o estudo de estratégias de reabilitação que contribuem para um melhor desempenho energético. Na reabilitação do envidraçado considerou-se três opções: adicionar um novo envidraçado pelo interior; reparação completa do envidraçado existente; e substituição do envidraçado existente por um novo com geometria igual ao original.

O sistema de envidraçado duplo consiste em introduzir interiormente um envidraçado adicional, assente no mesmo vão, mantendo o mesmo aspeto exterior. Contudo, este método tem limitações não podendo ser aplicado em todos os casos. No caso de estudo, não foi possível aplicar esta solução devido à existência de portadas interiores e consequentemente, pela inexistência de espessura entre o envidraçado original e a portada interior. A solução com envidraçado duplo tem de ser bem ponderada para evitar condensações entre os mesmos. A humidade que fica no interior pode condensar sobre o vidro que está mais frio, normalmente o do envidraçado exterior (original), conduzindo à degradação dos materiais.

A reparação do vão envidraçado permite manter o existente, reparando apenas as partes que se encontram degradadas e repondo a sua estabilidade estrutural. As reparações de envidraçados de madeira geralmente são muito exigentes em termos de mão-de-obra e dispendiosas. Esta solução tem a desvantagem de estar limitada à permanência do caixilho existente, não podendo aplicar alguns conceitos de melhoria usuais, como por exemplo a colocação de vidro duplo (Figura 41).

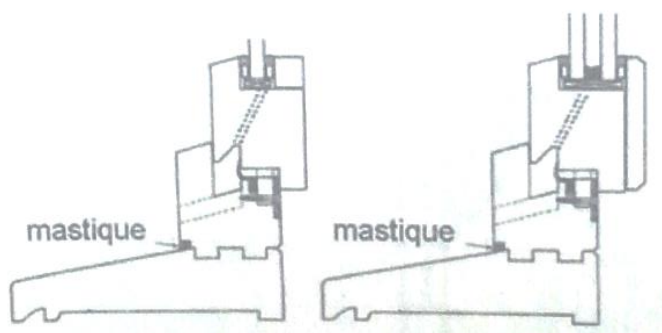


Figura 41: Substituição de vidro simples para vidro duplo (Pinto, 2010).

Na substituição do envidraçado original por um novo pretende-se atingir melhor eficiência energética através da substituição do vidro simples por um vidro duplo e aumentando a espessura do perfil de madeira. Nesta solução teve-se atenção aos pormenores do vão que contribuam para manter o carácter histórico do edifício. No entanto, para o caso de estudo não foi possível seguir com esta estratégia de otimização para um vidro duplo porque a sua colocação anulava a abertura do envidraçado.

Na substituição de um envidraçado é necessário ponderar os seguintes aspetos: o padrão dos vãos e as suas dimensões; as dimensões da moldura e folha dos envidraçados; a configuração da área envidraçada; o tipo de madeira; o acabamento final do vão; e os elementos decorativos.

4.2 Levantamento de Vãos Envidraçados

Para definir a metodologia de reabilitação eficiente do envidraçado realizou-se um levantamento fotográfico para analisar o seu estado de degradação (Figura 42) acompanhado de uma ficha de inspeção. No Anexo A apresenta-se a ficha de inspeção criada para auxiliar o levantamento de inspeção de envidraçados.

A ficha de inspeção foi organizada em duas partes. Uma primeira parte com conteúdos genéricos referentes ao edifício onde se encontra o vão envidraçado em estudo, apresentando-se a localização do edifício e a correspondente zona climática. A segunda parte direcciona-se para a caracterização do vão envidraçado.

A ficha de inspeção é constituída por aspetos observados *in situ*. As anomalias devem ser identificadas tendo em conta a lista apresentada no final da ficha de inspeção. Cada fotografia deve ser identificada e associada a cada tópico.





Figura 42: Levantamento fotográfico do vão envidraçado em estudo.

4.2.1 Reparação do Envidraçado Original

Uma das soluções pensadas para aumentar a eficiência do vão envidraçado, foi realizar a reparação do mesmo tendo em conta a substituição do vidro simples por um vidro duplo. No entanto, não foi possível aplicar esta medida porque a ferragem aplicada para o correto funcionamento do envidraçado não permitia aumentar a espessura do caixilho para permitir o apoio ao vidro duplo, sendo que ao aumentar essa mesma espessura anulava a abertura da mesma.

Inicialmente, procedeu-se à desmontagem do envidraçado em obra tendo-se verificado um processo moroso porque o mesmo estava montado como um conjunto de várias peças unidas com a portada interior dificultando todo o processo de desmontagem das peças com o mínimo de dano.

O primeiro passo para a reparação começou por separar individualmente todas as peças pertencentes ao caixilho (Figura 43) para se poder estabelecer uma ordem de reparação individual de cada peça.



Figura 43: Separação das peças do caixilho.

Na fase seguinte procurou-se remover todas as camadas de tinta do caixilho e substituir as peças de madeira degradadas por novas (Figura 44, Figura 45 e Figura 46).



Figura 44: Remoção das camadas de tintas de todas as peças.



Figura 45: Parte de uma peça já com as camadas de tinta retiradas.



Figura 46: Aplicação de uma peça nova de madeira para substituir a parte danificada.

De seguida, procedeu-se ao rejuntamento das fissuras e orifícios existentes nas peças com pasta renovadora de madeiras (betume pedra), Figura 47.



Figura 47: Aplicação pasta renovadora de madeira para reparação de fissuras ou orifícios.

No próximo passo realizou-se a montagem de todas as peças reparadas pertencentes ao caixilho até se obter a forma original (Figura 48).



Figura 48: Fotografia do caixilho reparado. Vista interior (esquerda); Vista exterior (direita).

Concluída a fase de montagem, procedeu-se à aplicação de tratamento de preservação, pintura do caixilho e a montagem final com aplicação de vidro simples de 4 mm e de vedantes de borracha para aumentar a estanquidade do envidraçado (Figura 49). Como não foi possível aplicar vidro duplo optou-se por um vidro simples existente no mercado com coeficiente de transmissão térmico inferior ($U_g=5,6 \text{ W}/(\text{m}^2/\text{K})$). A ficha técnica do vidro pode ver-se no Anexo B. No final da montagem verificou-se o correto funcionamento do vão envidraçado.

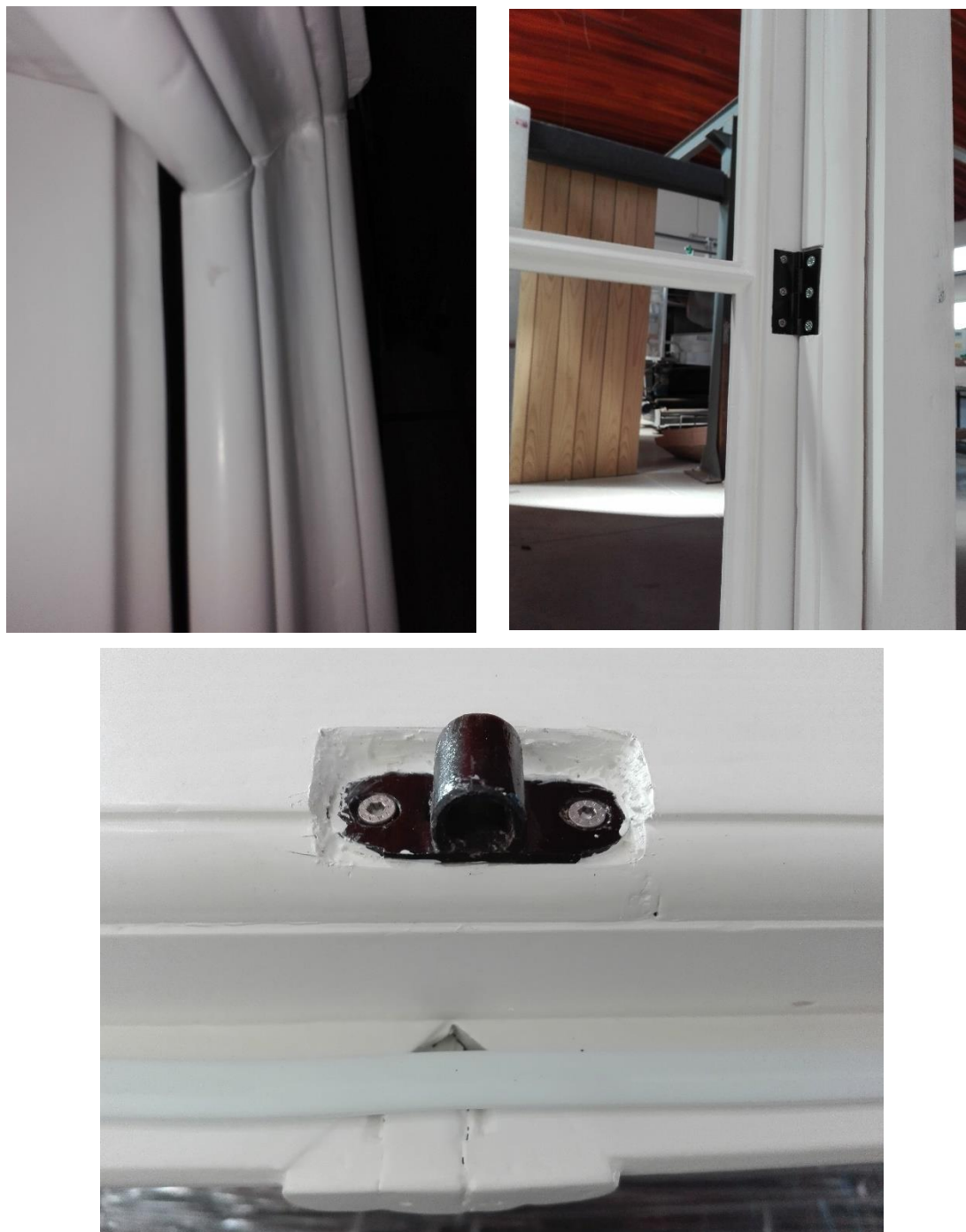


Figura 49: Fotografias com pormenores do acabamento final do caixilho.

Na Figura 50 pode ver-se o desenho do envidraçado no seu estado atual, com chamada de atenção para os pormenores de A a F com maior destaque representados na Figura 51.

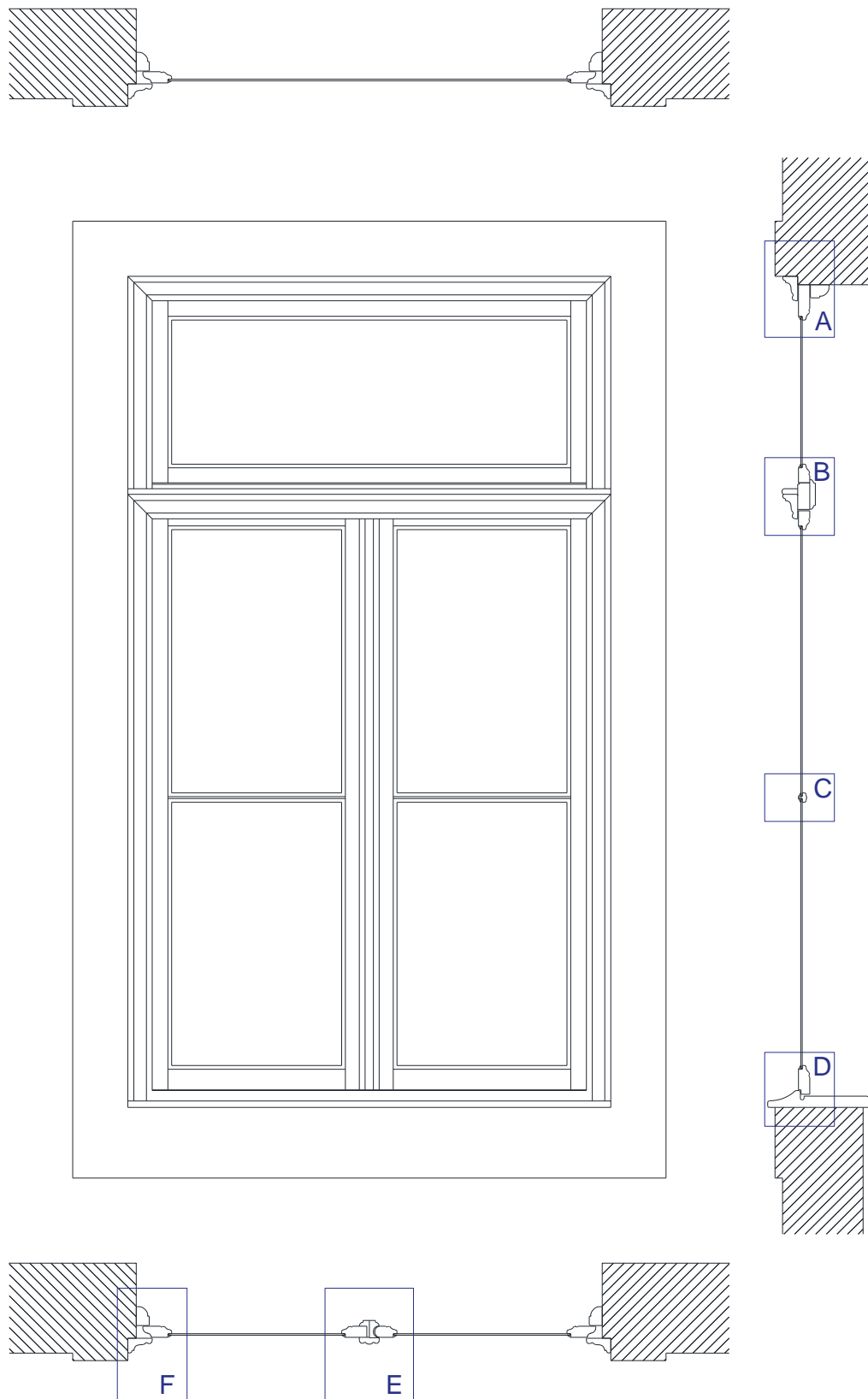


Figura 50: Vão envidraçado original com identificação de pormenores de A a F.

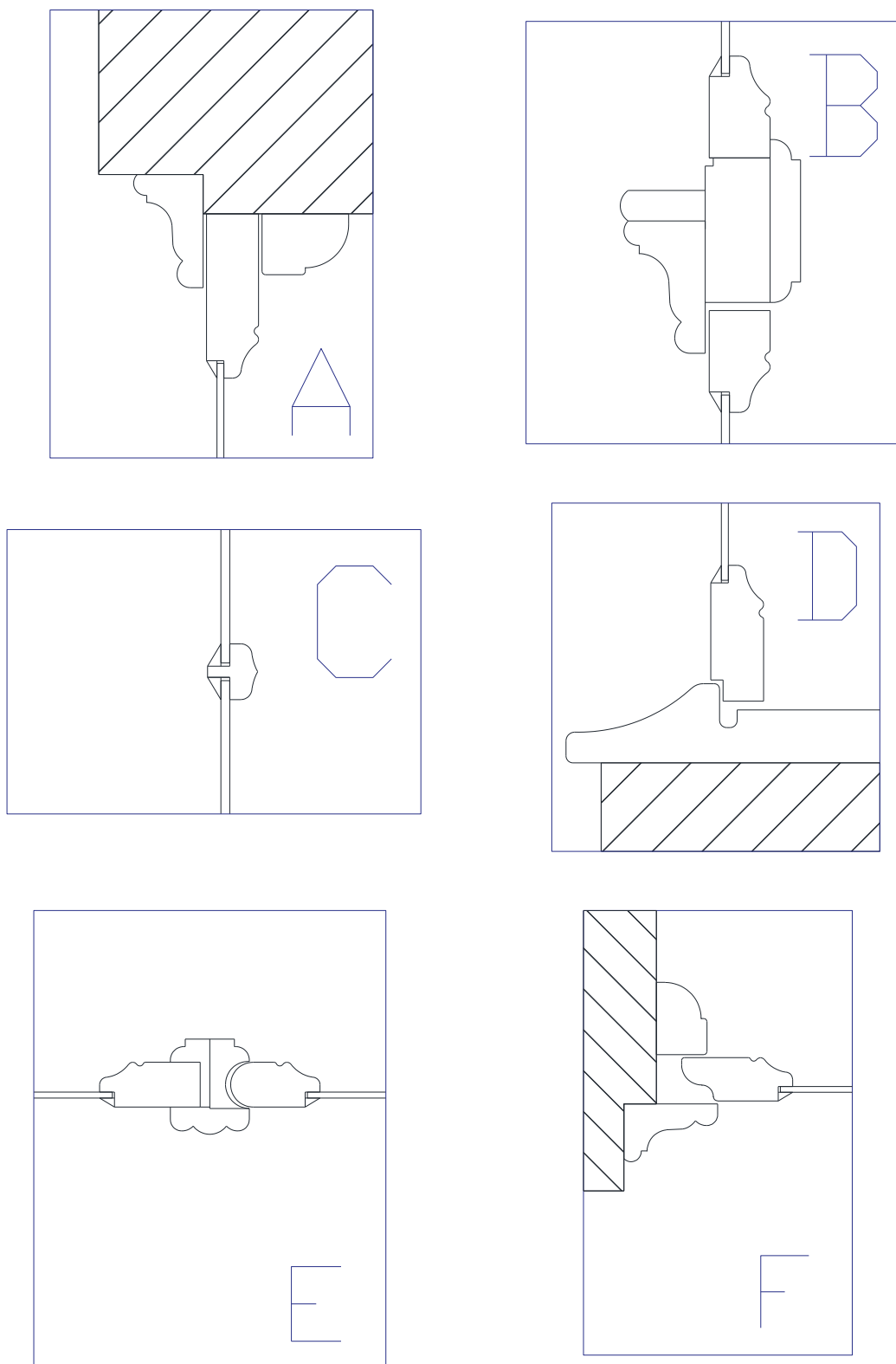


Figura 51: Pormenores de A a F do vão envidraçado original.

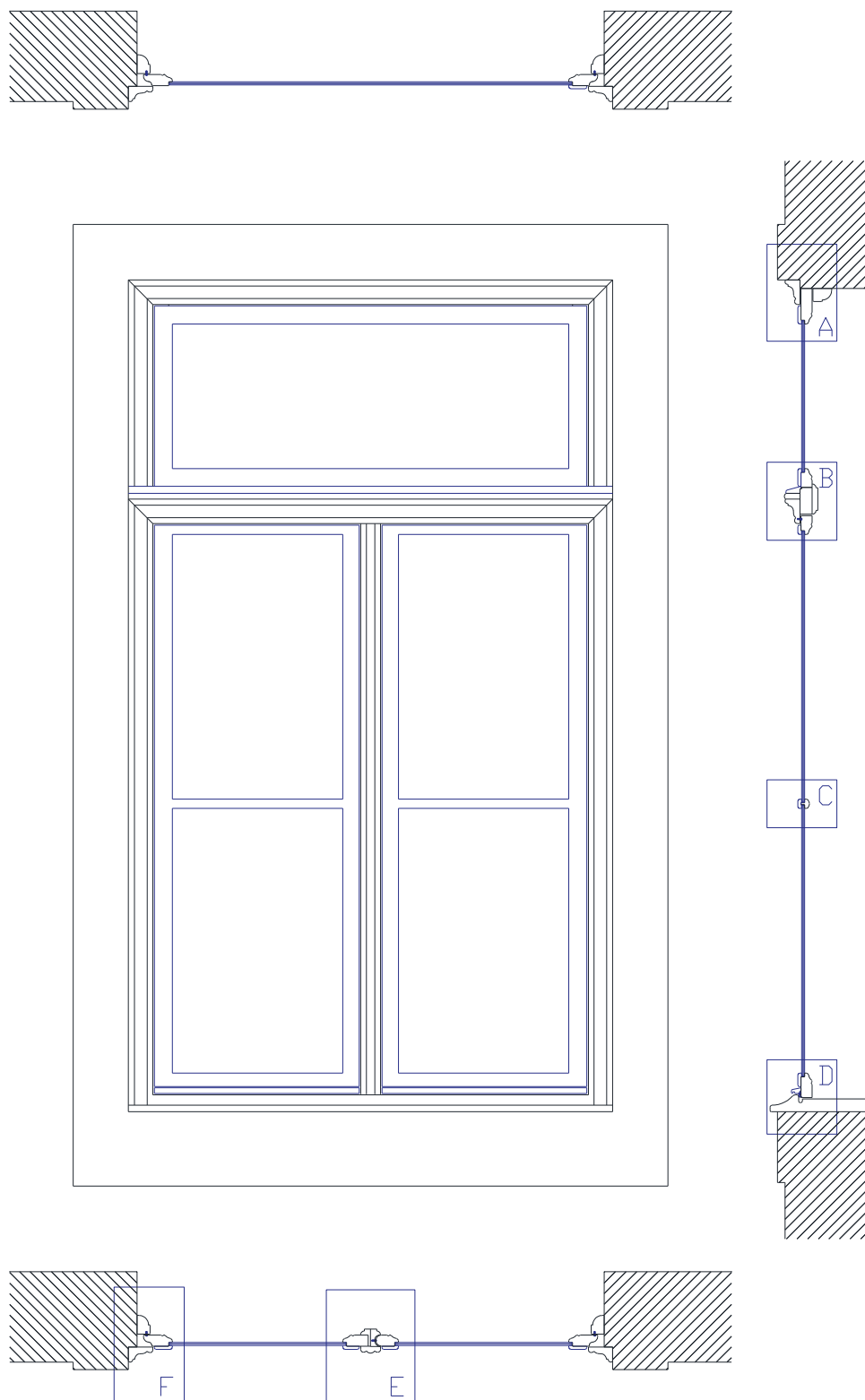


Figura 52: Vão envidraçado reparado com identificação de pormenores de A a F e alterações feitas ao envidraçado original.

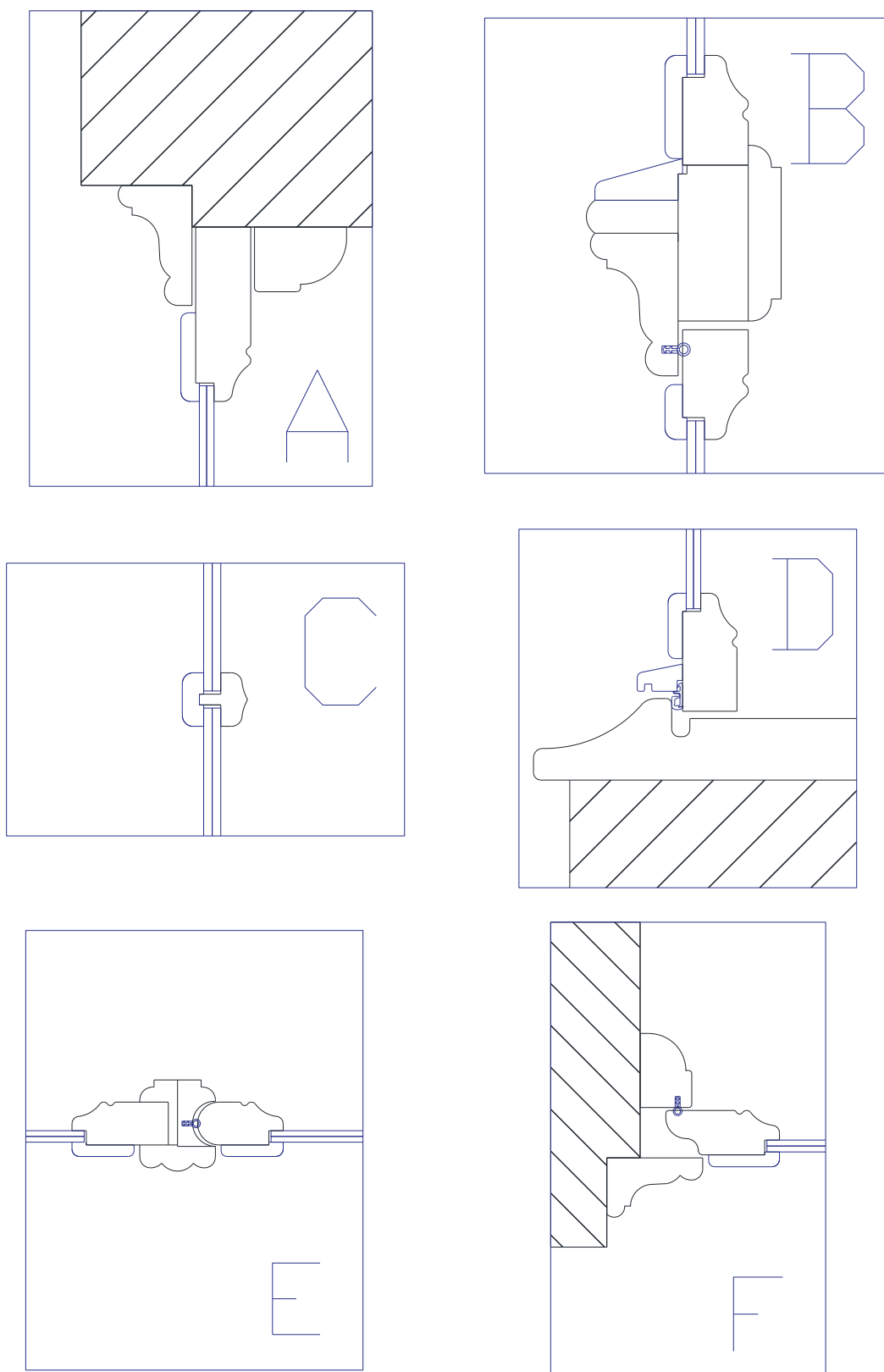


Figura 53: Pormenores de A a F do vão envidraçado reparado.

As alterações mais significativas para aumentar a eficiência energética do envidraçado foi a aplicação de vedantes de borracha em pontos críticos, estabelecendo um envidraçado mais estanque. A estabilização estrutural deveu-se à aplicação de novas peças de madeira e com a criação de pingadeira para evitar a entrada de água (Figura 52 e Figura 53).

4.2.2 Substituição por um Novo Envidraçado

A substituição por um novo envidraçado foi a última proposta do estudo. Como se trata de um edifício histórico houve o cuidado de manter os pormenores do vão envidraçado existente, criando uma reinterpretação do existente ao efetuar um novo.

O caixilho foi elaborado com perfis de madeira lamelada aumentando assim a resistência da madeira, através da colagem inversa e impedindo a formação de empenamentos e deformações ao longo do tempo.

Além do fabrico de uma réplica do caixilho existente procurou-se otimizar a solução de vidro simples para vidro duplo, baixando desta forma o valor do coeficiente de transmissão térmica do envidraçado (U_w). O vidro duplo usado tem um coeficiente de transmissão térmica (U_g) de $1,5 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$, baixando assim o valor de U_w face a solução anterior. A ficha técnica do vidro duplo pode ser consultada no Anexo C.

As Figura 54 e Figura 55 mostram a configuração final do vão envidraçado de substituição e os respetivos pormenores.

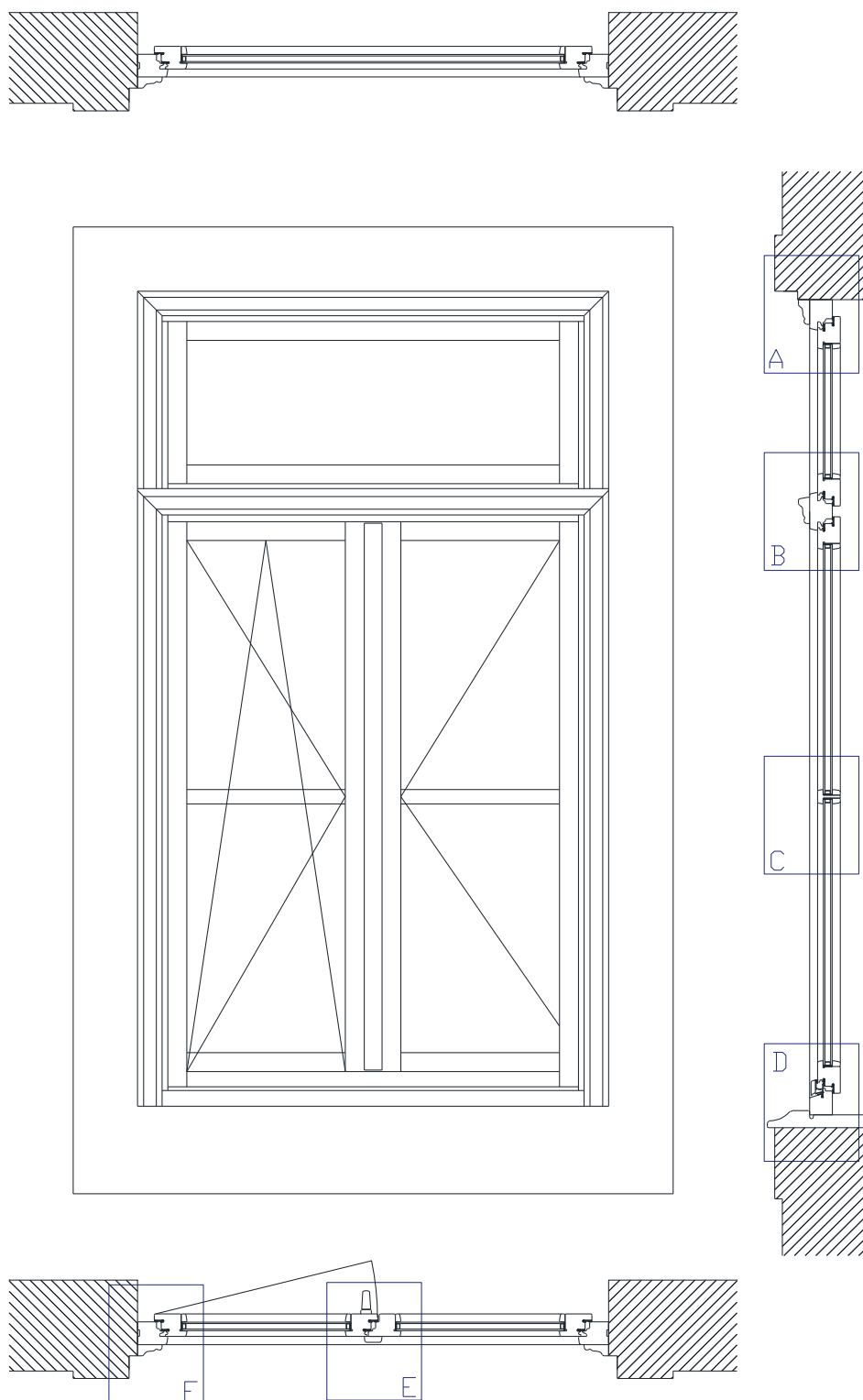


Figura 54: Vão envidraçado de substituição com pormenores de A a F.

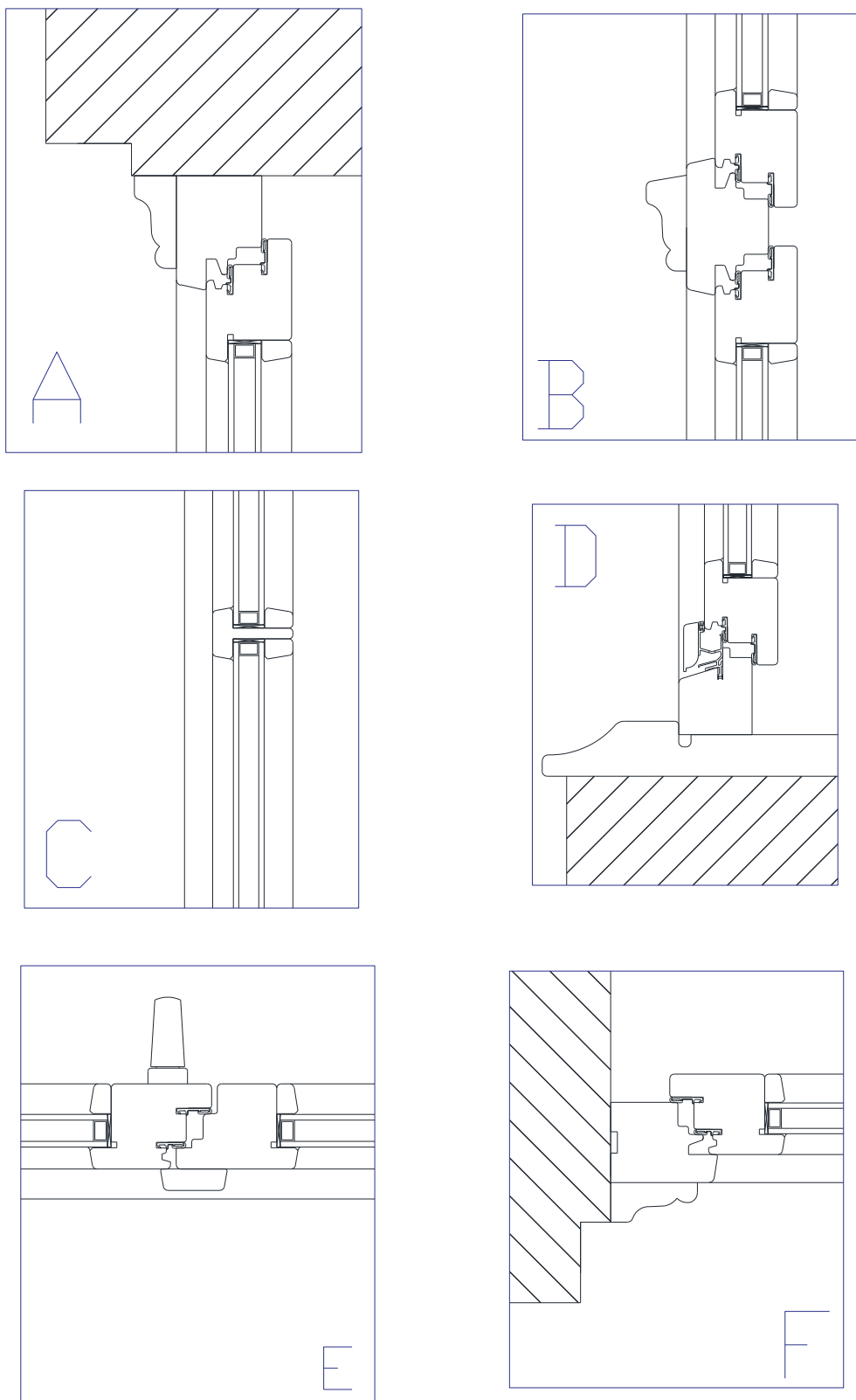


Figura 55: Pormenores de A a F do vão envidraçados de substituição.

4.3 Ensaios de Validação dos Vãos Envidraçados

Neste capítulo apresentam-se os resultados dos ensaios com as duas soluções propostas: reparação do envidraçado original e substituição por um novo com igual formato. Estes resultados serão comparados com o estado atual do envidraçado original que também foi submetido a ensaios.

O envidraçado original foi alvo dos seguintes ensaios: ensaio de inspeção; influência do envidraçado nas necessidades de aquecimento; avaliação termográfica; ensaio com porta ventiladora no compartimento; ensaio de resistência a ação do vento; ensaio de permeabilidade ao ar; e ensaio de estanquidade a água.

Quanto aos ensaios realizados para obter o desempenho do envidraçado reparado foram os seguintes: ensaio de resistência a ação do vento; ensaio de permeabilidade ao ar; e ensaio de estanquidade a água.

Por último, por forma a obter-se uma comparação entre o envidraçado replicado e os envidraçados anteriores optou-se por usar os resultados dos ensaios de resistência a ação do vento, ensaio de permeabilidade ao ar e ensaio de estanquidade a água efetuados pela empresa que cedeu o envidraçado.

4.3.1 Influência do Envidraçado na Necessidade de Aquecimento

Para quantificar o consumo de energia consumida para aquecimento do compartimento com o vão envidraçado original utilizou-se um termo-ventilador para estabelecer uma temperatura de conforto no compartimento e registando-se a energia elétrica consumida pelo termo ventilador através da contagem do contador do edifício (Figura 56). A energia de aquecimento corresponde ao consumo de energia elétrica dos termos-ventiladores (Mamede & Pinto, 2012).

Foram registados os valores do contador no início e no fim do ensaio com a finalidade de se calcular a energia consumida (28 kWh) para aquecer o compartimento em estudo até se obter uma temperatura de conforto interior. Considerando que o custo da energia de 0,17 €/kWh, para aquecer o compartimento durante 24 horas representou um dispêndio de 4,76 € (Tabela 9). Note-se que este valor não é do edifício todo, mas apenas referente a uma pequena área, podendo concluir que fazendo o mesmo exercício para o edifício completo representaria uma fatura energética elevada.

Tabela 9: Resumo do consumo de energia elétrica para aquecimento do compartimento.

Início do ensaio (kWh)	064705
Fim do ensaio (kWh)	064733
Consumo durante o ensaio (kWh)	28
Custo por kWh (€)	0,17 €
Custo total (€)	4,76 €

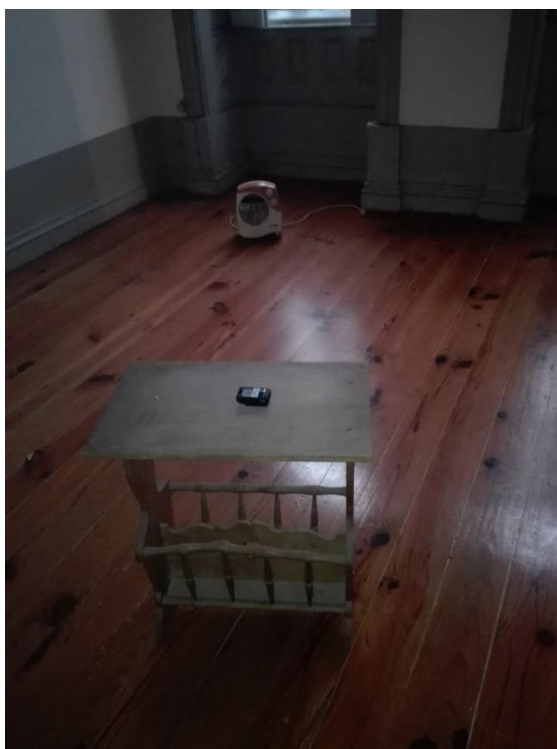


Figura 56: Fotografia com o esquema de ensaio na sala em estudo.

A temperatura do ar exterior e interior foi registada através de sensores termohigrométricos (Figura 57) com intervalos de um minuto com início no dia 8 de novembro de 2016 às 21:30h e com fim no dia 9 de novembro de 2016 às 23:30h. A partir desta hora foi desligada a fonte de calor tendo-se continuado a registar a temperatura interior verificando-se o arrefecimento do compartimento até se estabelecer o equilíbrio de temperaturas no compartimento sem ocupação e sem qualquer fonte de calor extra.

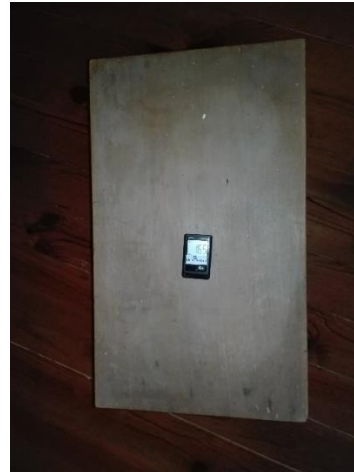


Figura 57: Medidores de temperatura. Registo de temperatura do ar exterior (esquerda); Registo de temperatura do ar interior (direita).

No gráfico da Figura 58 observa-se a vermelho a temperatura do ar interior, a azul a temperatura exterior e a verde a variação entre a temperatura exterior e a interior. Pela análise do gráfico conclui-se que a temperatura máxima obtida no compartimento foi 22,4 °C registando-se nesta altura 14,5 °C no exterior. A variação de temperatura exterior com a temperatura interior durante o ensaio de aquecimento foi em média de 5,9 °C.

Pode ver-se que para manter uma temperatura de conforto acima de 20°C foi necessário manter a fonte de calor sempre em funcionamento, concluindo-se a existência de perdas consideráveis de energia pela envolvente incluindo o vão envidraçado. Desta forma, a otimização do vão envidraçado pode melhorar o equilíbrio da temperatura de conforto interior reduzindo o consumo de energia elétrica. Após o término da geração de calor verificou-se que em grande parte do tempo de monitorização a temperatura do ar exterior é semelhante à temperatura do ar interior concluindo que o compartimento estabelece um comportamento, no que respeita a temperatura do ar, igual ao que sucede no exterior, verificando-se o desconforto interior. Este desconforto térmico relaciona-se mais uma vez com a frágil envolvente do edifício incluindo os vãos envidraçados (no Capítulo 5 pode ver-se as perdas associadas à envolvente translúcida para o envidraçado original) que servem de elemento de proteção/regulador das trocas de energia da envolvente.

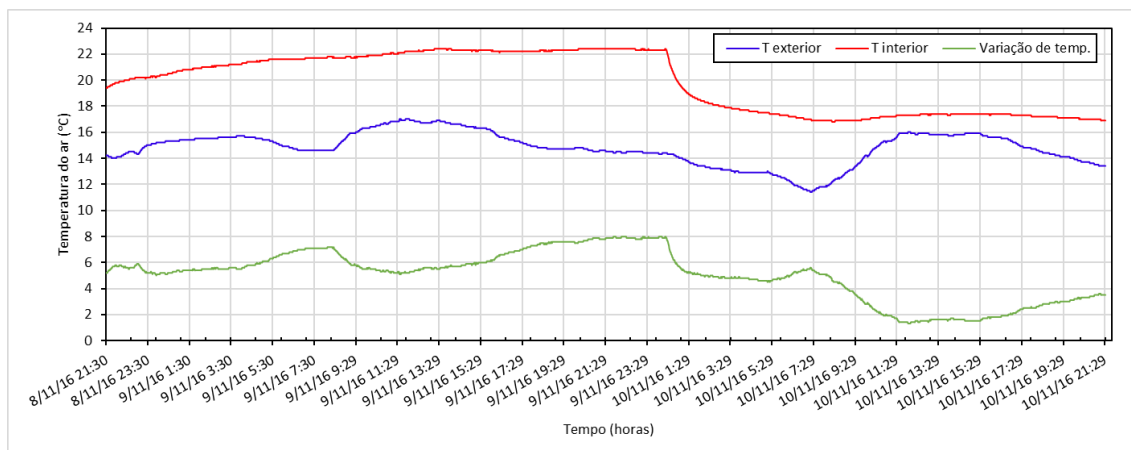


Figura 58: Comportamento térmico do compartimento em estudo

4.3.2 Ensaio de Avaliação Termográfica

Nos edifícios a termografia é utilizada na manutenção e na reabilitação, permitindo a identificação de defeitos e a realização de estudos do desempenho térmico de elementos construtivos ou do próprio edifício (Barreira, 2004).

Através de ensaios termográficos é possível de forma localizada identificar patologias e danos, facilitando o desenvolvimento de estratégias para manutenção e reabilitação dos edifícios (Barreira, 2004). Estes ensaios tem a grande vantagem de não serem destrutivos e abrangerem grandes áreas de diagnóstico.

Uma inspeção termográfica permite ajudar nos diagnósticos de construção: visualização de perdas de energia; deteção de falta de isolamento ou áreas mal isoladas; localização e deteção de fugas ou infiltração de ar; deteção de humidade no isolamento; e inspeção de tubagens, sistemas técnicos (Flir, 2009).

A câmara termográfica utilizada neste ensaio foi a Testo 875 (Figura 59) é um aparelho que, após a captação e conversão da radiação infravermelha numa imagem térmica, permite, através das cores, determinar a temperatura superficial do objeto.

As imagens termográficas permitem analisar as diferenças de temperatura em determinadas superfícies causadas pelo ar proveniente de fissuras ou orifícios que diminuem a estanquidade ao ar do edifício.



Figura 59: Câmara termográfica Testo 875 (Fonte: Testo 2011).

Neste ensaio foram captadas imagens termográficas do envidraçado original. Na análise dos dados recolhido usou-se o *software* IRSoft da Testo, que permite a análise, processamento e arquivo das imagens capturadas pela câmara termográfica.

Nas figuras (Figura 60, Figura 61 e Figura 62) pode ver-se os resultados obtidos através da utilização da camara termográfica. Conclui-se que as temperaturas variam entre os 16°C e 11°C. As temperaturas mais baixas podem ser observadas na ligação entre o caixilho e a zona opaca com maior notoriedade nos cantos, enquanto que as temperaturas mais baixas são observadas na ligação entre o vidro e o caixilho. Desta forma, verifica-se que existem pontes térmicas lineares entre o vidro e o caixilho, representando uma grande perda de energia nessas ligações.

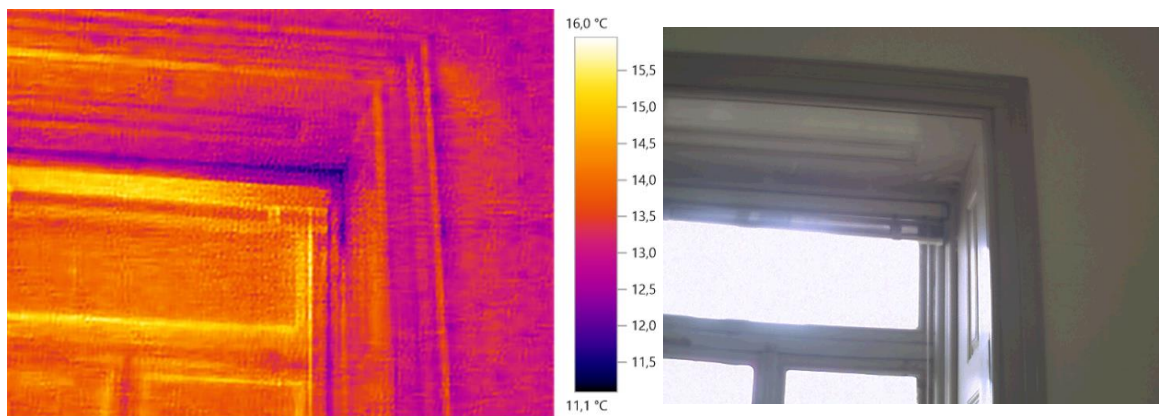


Figura 60: Termografia do canto superior direito da janela.

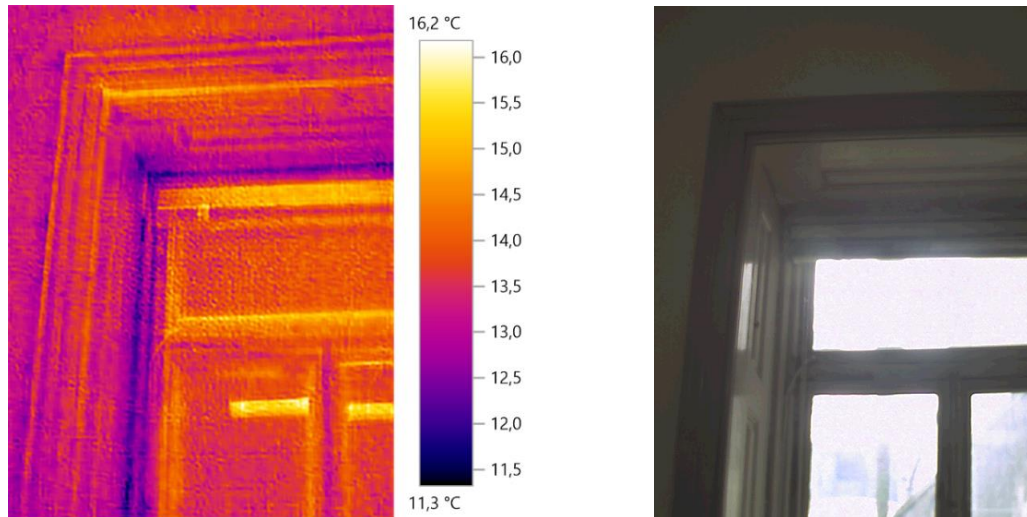


Figura 61: Termografia do canto superior esquerdo da janela.

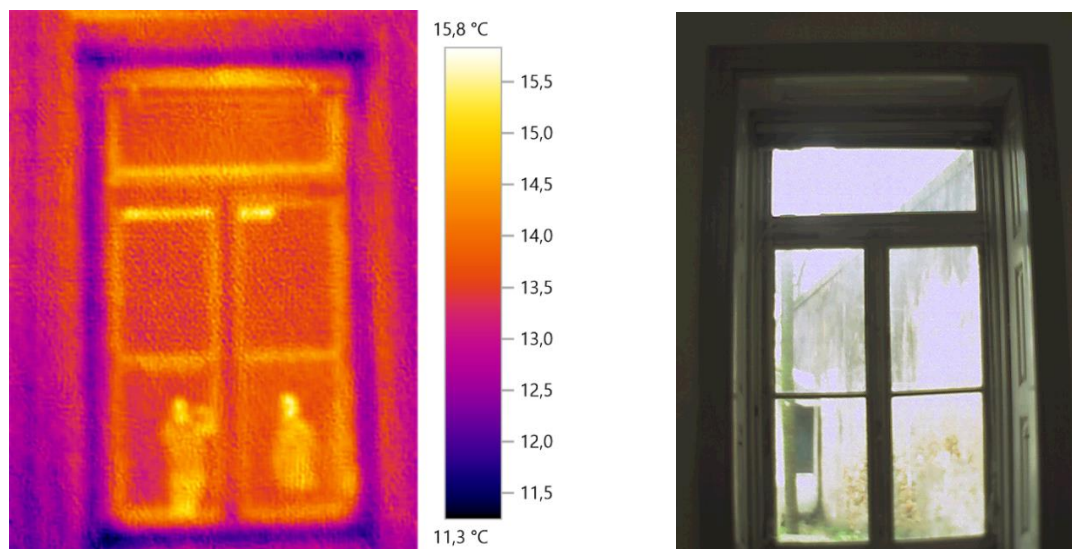


Figura 62: Termografia com vista total da janela.

Na Figura 63 realizou-se a termografia do vão envidraçado, mas com a portada interior fechada, verificando-se que as temperaturas mais baixas sucedem na ligação entre a portada e o aro inferior.

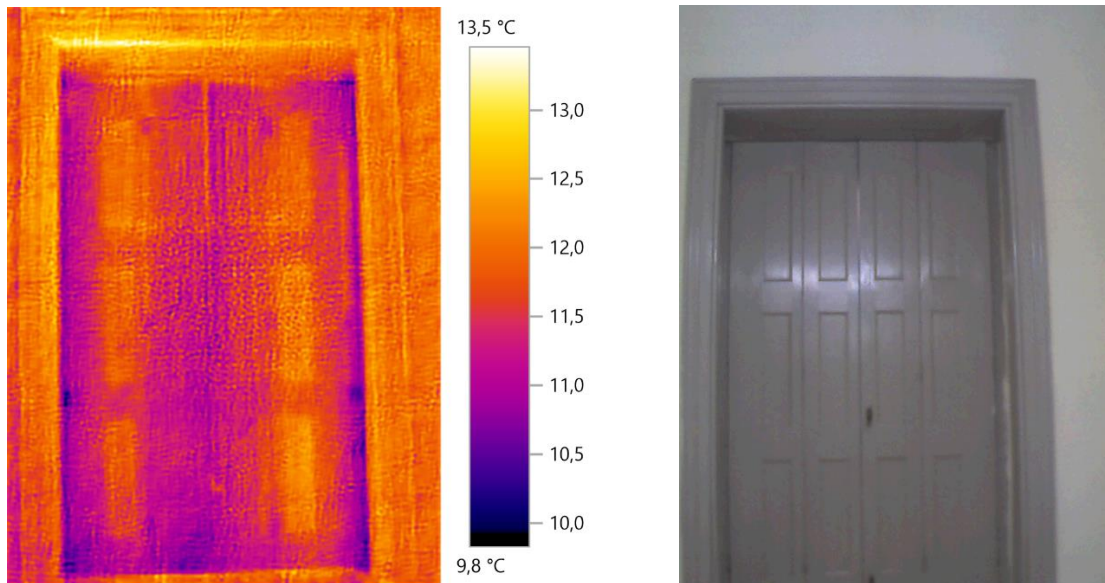


Figura 63: Termografia com a portada interior fechada.

4.3.3 Ensaio com Porta Ventiladora - Blower door

O ensaio com porta ventiladora é utilizado para determinar a estanquidade ao ar da envolvente e identificar os locais de fugas de ar quantificando o fluxo e as fugas de ar pela envolvente do edifício.

Este ensaio consiste na colocação de um ventilador de velocidade variável instalado numa porta, que promove o movimento do ar, criando diferenças de pressão (pressurização ou despressurização) entre o interior e o exterior do edifício. O equipamento utilizado para realizar este ensaio é constituído pelos seguintes componentes (Figura 64):

- Um ventilador de velocidade variável que permite a variação do caudal de ar promovendo a pressurização ou despressurização em edifícios;
- Um controlador de pressão, para medir a pressão diferencial induzida;
- Um controlador de velocidade;
- Um sistema de montagem que é semelhante a uma moldura que deve ser instalado na porta com ligação para o exterior;
- Um computador portátil com o software *Tectite*;
- Coberturas para o ventilador;
- Conjunto de tubos com sonda de pressão estática;
- Caixilho em alumínio com tecido estanque.



Figura 64: Componentes para a realização do ensaio com porta ventiladora.

A porta ventiladora possui ainda anéis que variam entre A e E. Os anéis A e B são capazes de medir caudais entre 300 e 6300 CFM (Cubic feet per minure) (510 a $10364\text{ m}^3/h$), a escolha entre estes dois anéis depende de o edifício ser muito ou pouco estanque, devendo-se usar o anel A para um edifício pouco estanque e o anel B para muito estanque. Os anéis C, D e E fazem medições até 11 CFM ($19\text{ m}^3/h$) (Minneapolis, 2016).

A norma usada para a realização deste ensaio é a EN 13829:2001 onde é descrito que o ensaio pode ser utilizado para: medir a permeabilidade do ar de um edifício para que cumpra as especificações de projeto; identificar infiltrações de ar.

Segundo a norma o equipamento deve medir diferenças de pressões com uma precisão de $\pm 2\text{ Pa}$ no intervalo de 0 a 60 Pa, devendo ser garantido que as perdas de pressão no interior e exterior não são influenciadas pelo ar provocado pelo equipamento e ainda deve evitar-se que os tubos que ligam no equipamento estejam expostos a grandes diferenças de temperatura.

Na montagem do caixilho em alumínio é necessário primeiramente ajustá-lo às dimensões da porta utilizada para realizar o ensaio e posteriormente colocar o tecido estanque. No final, o ventilador deve ser colocado numa posição segura e orientado de acordo com o ensaio pretendido (pressurização ou despressurização).

Os tubos com sonda de pressão estática devem ser ligados ao medidor digital para obter o valor da pressão, devendo colocar-se um tubo para fora do compartimento e outro ou mais no interior.

Para o estudo pretendeu-se identificar fugas de ar no envidraçado original tendo-se variado algumas condições de exposição do envidraçado: sem vedação; envidraçado vedado com fita (Figura 65); envidraçado com portada interior aberta; e envidraçado com portada exterior fechada.



Figura 65: Janela vedada com fita.

Na análise da Tabela 10 pode concluir-se que o envidraçado possui elevada permeabilidade. O envidraçado sem qualquer tipo de proteção tem maiores infiltrações. Pode ainda observar-se que com mais cuidado, neste caso pela colocação de uma fita a volta de todo o envidraçado, consegue-se reduzir as perdas de ar.

Tabela 10: Valores de renovações por hora a 50 Pa (n_{50}).

	Despressurização		Pressurização	
	Fluxo de ar (m ³ /h)	n_{50} (h ⁻¹)	Fluxo de ar (m ³ /h)	n_{50} (h ⁻¹)
Janela sem vedação	283	3,80	279	3,75
Janela vedada	219	2,94	210	2,82
Janela com portada interior aberta	277	3,72	282	3,79
Janela com portada interior fechada	272	3,65	277	3,72

Adicionalmente, ao ensaio realizado com a porta ventiladora, analisou-se a estanquidade à água do vão envidraçado. Tendo em conta que se criou pressão através da porta ventiladora e o envidraçado estava degradado conclui-se que o mesmo é muito permeável a água (Figura 66).



Figura 66: Registo fotográfico durante a realização do ensaio de estanquidade à água.

4.3.4 Ensaio de Resistência à Ação do Vento

A resistência a ação do vento dos vãos envidraçados é determinada de acordo com a norma europeia EN 12211 (2016) e classificada de acordo com a norma europeia EN 12210 (2000).

Este ensaio submete a janela a três provas de pressão:

- P1 – Verificar a pressão da deformação admissível para uma dada classe de pressão do vento (teste de flecha);
- P2 – Envidraçado sujeita a pressões repetidas, positivas e negativas, que atesta a capacidade do provete para conservar as suas propriedades de permeabilidade ao ar (teste de pressões repetidas);
- P3 – Verificar a pressão de segurança com o provete sujeito a condições extremas (teste de segurança).

Depois de realizado o ensaio, o envidraçado foi classificado segundo a norma EN 12210 onde são estabelecidas cinco categorias de acordo com as pressões de ensaio, da classe 0 à classe 5. Na Tabela 11 apresenta-se as categorias de classes de resistência à ação do vento segundo a norma EN 12210 (2000).

Tabela 11: Classificação de janelas de acordo com a norma EN 12210 (Fonte: Norma europeia EN 12210:2000).

Classe	P1	P2	P3
0		Não ensaiado	
1	400	200	600
2	800	400	1200
3	1200	600	1800
4	1600	800	2400
5	2000	1000	3000

Durante a aplicação das séries de pressões de ensaio positivas e negativas devem ser realizadas medições e inspeções para determinar a folga frontal relativa à resistência à deterioração pelas cargas do vento segundo a norma EN 12210 (2000). Na Tabela 12 apresenta-se as categorias de classes da flecha frontal segundo a norma EN 12210 (2000).

Tabela 12: Classificação da flecha frontal segundo a norma EN 12210 (Fonte: Norma europeia EN 12210:2000).

Classe	Flecha frontal
A	<1/150
B	<1/200
C	<1/300

Na Tabela 13 apresenta-se os resultados obtidos para a avaliação de desempenho à ação do vento das duas soluções propostas, caixilharia reparada e de substituição, comparativamente com a caixilharia original.

Tabela 13: Resultados do ensaio de resistência á ação do vento das caixilharias.

	Classe da flecha (A, B ou C)	Classificação final (1 a 5)
Caixilharia original	Não definido	Classe 1 (P1)
Caixilharia reparada	Não definido	Classe 2 (P1)
Caixilharia de substituição	C	Classe 3 (P1)

4.3.5 Ensaio de Permeabilidade ao Ar

A permeabilidade ao ar define a quantidade de ar, em m^3/h , que ultrapassa um envidraçado sujeito a uma diferença de pressão.

A metodologia de ensaio para determinar a permeabilidade ao ar dos envidraçados, submetidos a pressões negativas (depressão) e positivas (pressão) seguem a norma europeia EN 1026 (2016), sendo que a sua classificação final é obtida através da norma EN12207 (2000).

No ensaio do envidraçado foram aplicados três impulsos de pressão entre 500 Pa e 10% mais que a pressão máxima a usar. Numa segunda fase são aplicadas séries de pressões positivas e negativas no envidraçado, sendo determinado para cada pressão o caudal de ar que passa pelo envidraçado. Depois de realizado o ensaio somam-se os comprimentos das juntas móveis.

Tabela 14: Classificação de janelas de acordo com a norma EN 12207 (Fonte: Norma europeia EN 12207:2000).

Classe	Pressão máxima de ensaio (Pa)	Permeabilidade ao ar de referência a 100 Pa	
		Por superfície total (m ³ /h m ²)	Por comprimento das juntas (m ³ /h m ²)
0	-	Não ensaiado	
1	150	50	12,50
2	300	27	6,75
3	600	9	2,25
4	800	3	0,75

As Figura 67, Figura 68 e Figura 69 representam o ensaio de permeabilidade ao ar do envidraçado original, do envidraçado reparado e do envidraçado de substituição.



Figura 67: Registo fotográfico do ensaio de permeabilidade ao ar do envidraçado original.



Figura 68: Registo fotográfico do ensaio de permeabilidade ao ar do envidraçado reparado.



Figura 69: Registo fotográfico do ensaio de permeabilidade ao ar do envidraçado de substituição.

As Figura 70 e Figura 71 mostram os resultados obtidos do ensaio de permeabilidade ao ar do envidraçado original e reparado. Verificam-se intervalos para as quatro classes de classificação (classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4) e com traçado a negrito os resultados obtidos para a caixilharia original e reparada. Observa-se que apenas com a reparação permitiu-se um melhor desempenho de permeabilidade ao ar elevando-se para uma classe 3.

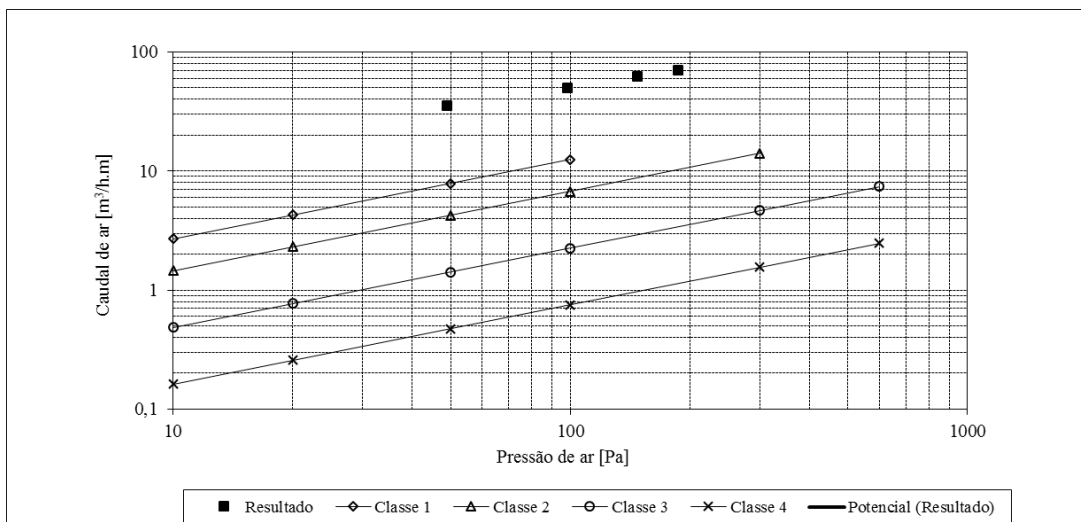


Figura 70: Resultado final do ensaio de permeabilidade ao ar do envidraçado original.

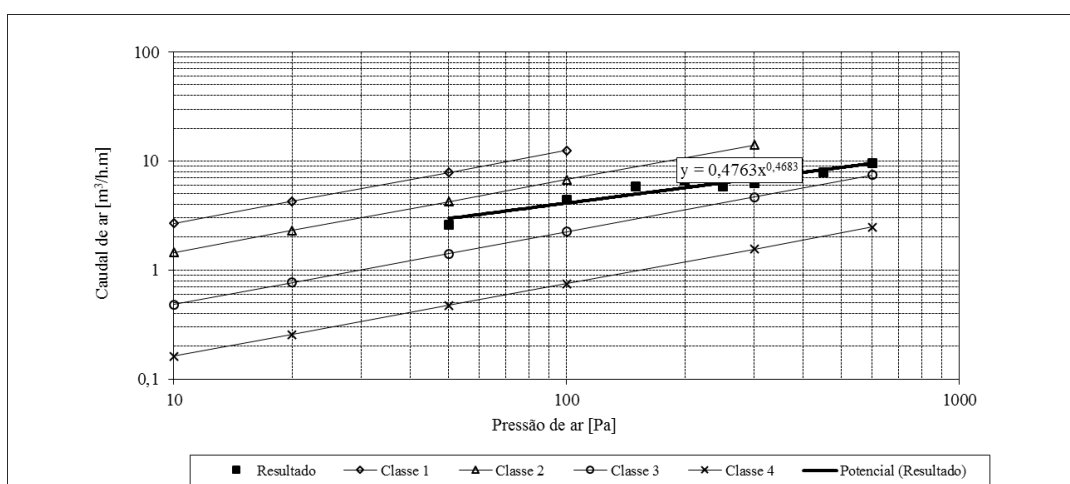


Figura 71: Resultado final do ensaio de permeabilidade ao ar do envidraçado reparado.

Na Tabela 15 pode ver-se os resultados obtidos dos ensaios de permeabilidade ao ar dos três envidraçados estudados. Conclui-se que o envidraçado de substituição possui melhor desempenho que as restantes soluções. Pode ver-se que as ações de reparação permitiram melhorar significativamente o desempenho do envidraçado à permeabilidade ao ar.

Tabela 15: Resultados obtidos para a classificação de permeabilidade ao ar das caixilharias.

	Classificação final (0 a 4)
Caixilharia antiga	Classe 1
Caixilharia reparada	Classe 3
Caixilharia de substituição	Classe 4

4.3.6 Ensaio de Estanquidade à Água

O ensaio de estanquidade à água permite aferir a capacidade de um vão envidraçado fechado não permitir a infiltração de água. O ensaio de estanquidade à água é realizado de acordo com a norma europeia EN 1027 (2000) e é classificado segundo a norma EN 12208 (2000).

Este ensaio consiste em pulverizar de forma contínua o envidraçado com um caudal específico de água enquanto são aplicadas pressões com intervalos de tempo regulares. Inicialmente, o envidraçado deve estar 15 minutos sem nenhuma ação de pressão, passado este tempo deve ser aplicada uma pressão de 50 Pa de 5 em 5 minutos até atingir os 300 Pa. Depois é aplicada uma pressão de 150 Pa também de 5 em 5 minutos. A duração total deste ensaio depende da estanquidade da janela, o ensaio deve terminar quando o vão envidraçado deixar de ser completamente estanque à água.

A classificação é efetuada segundo a norma EN 12208 (2000) onde são estabelecidas 9 classes com o método de ensaio A e 7 classes com o método de ensaio B (Tabela 16).

Na Figura 72 observa-se as debilidades do envidraçado original durante o ensaio de estanquidade à água, onde se verificou que sem qualquer pressão imposta ao envidraçado permitiu a entrada de água nas zonas identificadas a preto.

Tabela 16: Classificação de janelas de acordo com a norma EN 12208 (Fonte: Norma europeia EN 12208:2000).

Pressão de ensaio	Classificação	
	Método de ensaio A	Método de ensaio B
0	1 A	1 B
50	2 A	2 B
100	3 A	3 B
150	4 A	4 B
200	5 A	5 B
250	6 A	6 B
300	7 A	7 B
450	8 A	-
600	9 A	-
>600	Exxx	-



Figura 72: Registo fotográfico do ensaio de estanquidade à água com marcação dos pontos críticos de entrada de água do envidraçado original.

Na Figura 73 podemos observa-se a entrada de água no envidraçado reparado verificando-se durante o ensaio que a entrada de água ocorreu nos cantos inferiores, esquerdo e direito, do vão e no elemento de fecho inferior.

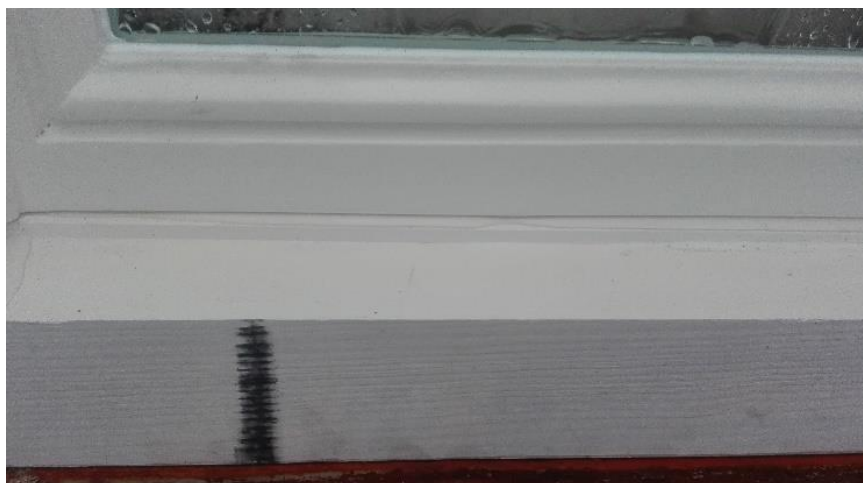


Figura 73: Registo fotográfico da entrada de água no ensaio de estanquidade à água do envidraçado reparado.

A Tabela 17 mostra os resultados obtidos na classificação de estanquidade à água do envidraçado original, reparado e de substituição utilizando a metodologia do método A. Conclui-se que após ter sido reparada a janela, não se obteve melhorias significativas em termos classificação final. No entanto, a caixilharia de substituição obteve um bom desempenho na classificação final.

Tabela 17: Resultados obtidos para a classificação de estanquidade à água das caixilharias.

Classificação final	
Método de ensaio A	
Caixilharia original	E1A
Caixilharia reparada	E2A
Caixilharia de substituição	E7A

4.3.7 Custos de produção

Para perceber a viabilidade económica da aplicação das estratégias propostas para a reabilitação de envidraçados de madeira estimaram os custos de produção associados às soluções de reparação e de substituição com vidro duplo.

A solução de reparação da caixilharia representa um custo de 981,95€ por envidraçado e a substituição do envidraçado tem o custo de 848,37 €. Sendo a diferença de custos de cerca de 133€ por envidraçado, o que aplicado ao edifício completo torna-se significativo (o edifício tem cerca de 32 vãos envidraçados o que faz um total de custos para a solução de reparação de 31 422,40 € e para a solução de substituição 27 147,84 €). De facto, o custo de reparação implica um acréscimo de custo face à recriação de um envidraçado novo e com desempenho melhor. Assim, é possível concluir que a utilização de uma boa recriação do envidraçado permitirá uma poupança de custos e, além disso apresenta um melhor desempenho face à solução de reparação do envidraçado. Desta forma, será possível beneficiar de um melhor desempenho dos envidraçados de um edifício histórico mantendo a sua linha arquitetónica.

Capítulo 5

Desempenho Energético do Caso de Estudo

5 Desempenho Energético do Caso de Estudo

Neste capítulo definiram-se as classificações energéticas do edifício para as várias soluções de envidraçados propostas, quantificando-se também os respetivos benefícios energéticos, no regulamento de desempenho energético dos edifícios de habitação (REH).

No cálculo do desempenho energético do edifício teve-se em conta a definição dos parâmetros fundamentais, recorrendo-se ao conjunto de portarias e despachos que regulamentam a legislação: Portaria n.º 249-B/2013 até à portaria n.º 249-C/2013; Despachos n.º 15793- C/2013, n.º 15793-D/2013, 15793- F/2013, 15793- H/2013, 15793- I/2013, 15793- J/2013 e 15793- K/2013.

5.1 Enquadramento Legislativo em Portugal

Devido ao consumo energético a nível global surgiu, através do parlamento europeu e do conselho da união europeia, em 2002, a Diretiva 2002/91/EU, relativa ao desempenho energético dos edifícios. Passados 8 anos da publicação desta diretiva é realizada a sua reformulação através da Diretiva 2010/31/EU. Esta nova publicação veio clarificar alguns princípios provenientes da primeira diretiva e introduzir novas linhas para promover a eficiência energética nos edifícios. A Diretiva 2010/31/EU estabelece uma maior redução das necessidades energéticas dos edifícios e que os Estados membros devem assegurar até 31 de dezembro de 2020, todos os edifícios novos sejam edifícios com necessidades quase nulas de energia. Um edifício de necessidades energéticas quase nulas define-se como tendo um desempenho energético muito elevado (EPBD, 2010).

Em Portugal, a Diretiva 2002/91/EU foi transposta para o direito interno, tendo sido publicados três diplomas que visam a eficiência energética dos edifícios, o RCCTE (Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios), RSECE (Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios) e o SCE (Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios).

Depois dos limites impostos pela Diretiva 2010/31/EU procedeu-se à revisão da legislação nacional, tendo sido publicada uma nova regulamentação, através do Decreto-Lei n.º 118/2013, que se destaca pela associação, num único diploma, do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e do Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS), promovendo a “harmonização conceptual e terminológica e a facilidade de interpretação por parte dos destinatários das normas” (Decreto-Lei nº118/2013).

A nova legislação adequa-se à construção nova tendo como objetivo, aumentar as exigências da qualidade térmica da envolvente e a utilização de sistemas técnico eficientes. No entanto, no ponto de vista da reabilitação, que constitui a parte mais ativa do mercado nacional, existe um nível de exigência semelhante à aplicação do regulamento na construção que tem gerado alguma discussão. O modelo de avaliação do desempenho energético dos edifícios tem por base a prática dos países do Centro e Norte da Europa, onde existe um aquecimento contínuo dos edifícios, no entanto, aquando da transposição da Diretiva 2010/31/EU para Portugal não se atendeu à realidade climática, cultura e economia (Tadeu & Peixoto de Freitas, 2016).

Atualmente, existe um esforço para construção/reconstrução de edifícios mais eficientes do ponto de vista energético. São usados modelos de simulação e normas para dimensionar os espaços, partindo do pressuposto que são completamente aquecidos e simultaneamente ocupados durante 24 horas. No entanto, a realidade construtiva demonstra que as pessoas restringem o aquecimento dos espaços como medida de poupança económica e com uma taxa de ocupação bastante inferior às 24 horas. Assim, a energia efetivamente consumida para aquecimento e arrefecimento, mas sobretudo aquecimento, é menos de 10% do valor teórico estimado (Tadeu & Peixoto de Freitas, 2016).

Tendo em conta a legislação imposta, existe ainda um caminho a percorrer no que respeita à adequação da regulamentação nacional na definição de requisitos ao desempenho dos edifícios existentes, sendo clara a necessidade de uma revisão legislativa com exigências adaptadas à época de construção dos edifícios existentes.

O crescimento das intervenções em edifícios existentes é evidente, em contraponto a construção nova tem diminuído ao longo dos últimos anos. A partir da obrigatoriedade da certificação energética, no ano 2013 verificou-se um aumento do número de certificados emitidos, através da análise da Figura 74 pode constatar-se que a maior parte dos certificados emitidos são referentes a edifícios existentes. Desta forma, verifica-se desde o ano 2012 uma queda na emissão de certificados na construção de edifícios novos, sendo que em 2016 existe uma percentagem residual de certificados emitidos. Em 2016 foram emitidos 126.161 mil certificados para edifícios existentes enquanto que para a edifícios novos foram emitidos 2.743 mil certificados. O valor mais alto na emissão de certificados para edifícios novos foi de 9.804 mil no ano de 2012 enquanto que o mais baixo é de 133 certificados no ano 2014. No que diz respeito à emissão de certificados para edifícios existentes o valor mais baixo aconteceu no ano de 2013 com 56.718 mil certificados emitidos e o mais alto no ano de 2014 com 169.490 mil certificados emitidos.

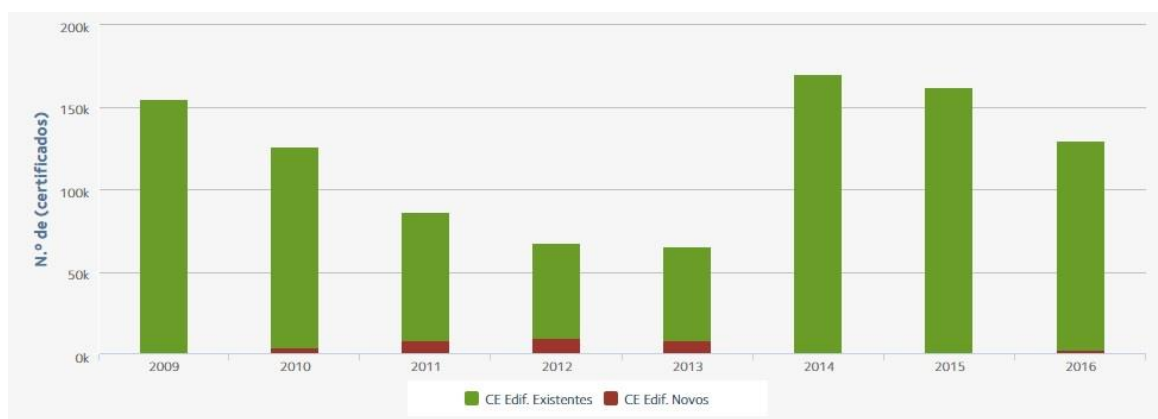


Figura 74: Número de certificados emitidos desde 2009 a 2016. Assinalado a verde a classificação para edifícios existentes e a vermelho a classificação para novos edifícios (Fonte: ADENE).

Em relação ao ano de 2016, tendo em conta atualização dos requisitos da qualidade da envolvente térmica), os edifícios classificados com a classe energética D representam a maior parte dos edifícios de habitação (30,51 %), como pode ver-se na Figura 75. No que respeita aos edifícios classificados com A+ representam uma percentagem reduzida com cerca de 0,99% de edifícios.

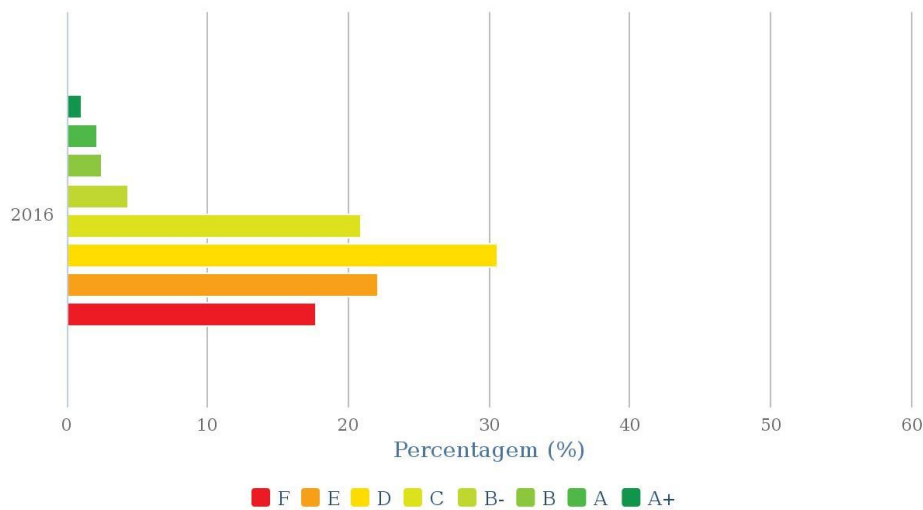


Figura 75: Percentagem de certificados energéticos emitidos por classe energética para edifícios de habitação no ano de 2016 (Fonte: ADENE).

A substituição/reparação de envidraçados existentes por outros mais eficientes do ponto de vista térmico e acústico é importante para a melhoria da eficiência energética dos edifícios. A poupança energética através da substituição de envidraçados existentes por outros eficientes é

cerca de 40%. Associado a um menor consumo de energia e redução da respetiva fatura energética permite-se gerar um maior conforto térmico e acústico aos edifícios (Fragoso, 2013).

5.2 Certificação Energética – Influência dos Envidraçados

Na aplicação do regulamento do desempenho energético dos edifícios de habitação apenas foram estudados os efeitos dos vãos envidraçados, por isto não foi tido em conta o melhoramento de sistemas técnicos e a qualidade da envolvente opaca.

Foi realizada a avaliação do desempenho do edifício para os três vãos envidraçados estudados anteriormente (original, reparado e de substituição).

5.2.1 Zona Climática

Tendo em conta a localização do edifício em estudo apresentado no Capítulo 3, o edifício encontra-se na faixa litoral do país no interior de uma zona urbana, sendo a sua distância à costa superior a 5 km com uma altitude de 6 m.

As zonas climáticas (Figura 76) são definidas com base no número de graus-dias calculadas para uma base de 18°C na estação de inverno. Na estação de verão é definida com base na temperatura média exterior.

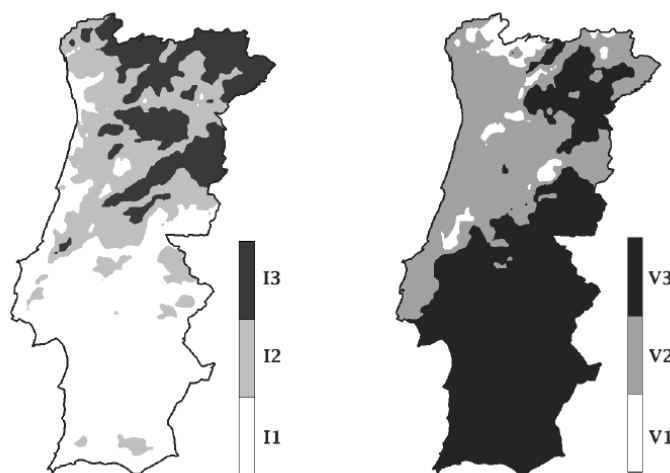


Figura 76: Zonas climáticas para a estação de aquecimento (I1, I2 e I3) e arrefecimento (V1, V2, V3) (Fonte: - Decreto lei nº118/2013).

5.2.2 Parâmetros de entrada dos Vãos Envidraçados Exteriores

5.2.2.1 Coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite

Para preencher os critérios de avaliação do desempenho energético com a aplicação do REH definiu-se o coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite de um vão envidraçado (U_{wdn}), que representa a media dos coeficientes de transmissão térmica de um vão envidraçado com proteção aberta (posição típica durante o dia) e fechada (posição típica durante a noite), através da seguinte equação:

$$U_{wdn} = \frac{U_n + U_w}{2} = \frac{\frac{1}{\frac{1}{U_w} + \Delta R} + U_w}{2}$$

em que:

U_n – coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado com proteção fechada ($W/m^2.K$);

U_w – coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado com proteção aberta ($W/m^2.K$);

ΔR – resistência térmica adicional de dispositivos de oclusão noturna.

Na Tabela 18 são evidenciados os valores dos coeficientes de transmissão térmica global e do coeficiente de transmissão térmica dia-noite dos vãos envidraçados em estudo. Para o vão envidraçado original, como não se sabia qual o valor do coeficiente de transmissão térmica, foi adotado um valor do ITE50 (Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios), para o envidraçado reparado o valor de U_w foi determinado com recurso a equação para o calculo do coeficiente de transmissão térmica, enquanto que para o envidraçado de substituição foi usado o valor fornecido pelo fabricante.

Tabela 18: Valores do coeficiente de transmissão térmica global e do coeficiente de transmissão térmica médio dia-noite.

	$U_w (W/m^2.K)$	$U_{wdn} (W/m^2.K)$
Vão envidraçado original	5,10	5,71
Vão envidraçado reparado	4,73	3,79
Vão envidraçado de substituição	1,80	1,62

5.2.2.2 Fatores Solares

O fator solar do vão envidraçado é a razão entre a energia solar transmitida para um edifício através dos vãos envidraçados e a radiação solar incidente na direção normal do envidraçado (g_{\perp}).

No presente regulamento REH, o fator solar do vidro é representado por $g_{\perp,vi}$ e devendo ser fornecido pelo fabricante do vidro. No caso do envidraçado original/reparado, como não existe informação acerca do vidro, arbitrou-se o seu fator solar tendo em conta a Figura 77, baseando-se na cor e na espessura do vidro. Na definição do valor de $g_{\perp,vi}$ definiu-se que o vidro possuía 4 mm de espessura resultando num fator solar de 0,88. Para o envidraçado utilizado na solução de substituição por envidraçado novo, de acordo com o fabricante, o vidro duplo é composto por vidro exterior (4 mm), caixa de ar (12 mm) e vidro interior (3 mm), tendo um fator solar de 0,48.

Composição do vidro		$g_{\perp,w}$
Vidro Simples	Incolor 4mm	0,88
	Incolor 5mm	0,87
	Incolor 6mm	0,85
	Incolor 8mm	0,82
	Colorido na massa 4mm	0,70
	Colorido na massa 5mm	0,65
	Colorido na massa 6mm	0,60
	Colorido na massa 8mm	0,50
	Refletante Incolor 4 a 8mm	0,60
	Refletante colorido na massa 4 a 5mm	0,50
	Refletante colorido na massa 6 a 8mm	0,45
	Fosco	(1)

Figura 77: Tabela para obter o fator solar do vidro para uma incidência normal ao vão, vidro simples (Fonte: Decreto-Lei nº118/2013).

No inverno os dispositivos de proteção solar móveis consideram-se totalmente abertos para rentabilizar o máximo de energia solar que incide no vão envidraçado. Dada, a inexistência de dispositivos de proteção solar permanentes, o fator solar de inverno (g_i) é igual ao fator solar do vidro para que ocorra uma radiação de incidência da radiação normal à superfície do vão envidraçado, corrigida de um fator de seletividade angular (Figura 78), designado por F_w , que representa a diferença da incidência da radiação solar, assumindo a seguinte equação:

$$g_i = F_{w,i} \times g_{\perp,vi}$$

onde F_w é relação dos ganhos solares provocada pelas características do vidro com o ângulo que incide proveniente da radiação solar e que assume o valor de 0,9 para o inverno.

A partir do valor g_i calcularam-se os ganhos solares brutos pelos dos vãos envidraçados, do qual, considera-se que parte da radiação total que incide no vidro é refletida para o exterior, outra é absorvida pelo vidro e, por fim, a restante é transmitida diretamente para o interior da habitação.

Orientação do vão	$F_{w,v}$				
	N	NE/NW	S	SE/SW	E/W
Vidro plano simples	0,85	0,90	0,80	0,90	0,90
Vidro plano duplo	0,80	0,85	0,75	0,85	0,85

Figura 78: Fator de correção da seletividade angular dos vãos envidraçados na estação de arrefecimento (Fonte: Decreto-Lei nº118/2013).

O fator solar global de um vão envidraçado, g_t , com as proteções solares, permanentes ou móveis é calculado da seguinte forma:

$$g_t = g_{\perp,vi} \times \prod_i \frac{g_{Tvc}}{0,85}$$

em que os parâmetros significam o seguinte:

$g_{\perp,vi}$ – fator solar do vidro para uma incidência solar normal à superfície do vidro consoante as características fornecidas pelo fabricante;

g_{Tvc} – fator solar do vão envidraçado com o vidro correntes e um dispositivo de proteção solar permanente ou móvel totalmente ativado, Figura 79.

Tipo de Proteção		g_{ne}					
		Vidro Simples			Vidros Duplos		
		Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura
Proteções exteriores	Portada de madeira	0,04	0,07	0,09	0,03	0,05	0,06
	Persiana de réguas de madeira	0,05	0,08	0,10	0,04	0,05	0,07
	Persiana de réguas metálicas ou plásticas	0,07	0,10	0,13	0,04	0,07	0,09
	Estore veneziano de lâminas de madeira	-	0,11	-	-	0,08	-
	Estore veneziano de lâminas metálicas	-	0,14	-	-	0,09	-
	Lona opaca	0,07	0,09	0,12	0,04	0,06	0,08
	Lona pouco transparente	0,14	0,17	0,19	0,10	0,12	0,14
	Lona muito transparente	0,21	0,23	0,25	0,16	0,18	0,2
Proteções interiores	Estores de lâminas	0,45	0,56	0,65	0,47	0,59	0,69
	Cortinas opacas	0,33	0,44	0,54	0,37	0,46	0,55
	Cortinas ligeiramente transparentes	0,36	0,46	0,56	0,38	0,47	0,56
	Cortinas transparentes	0,38	0,48	0,58	0,39	0,48	0,58
	Cortinas muito transparentes	0,70	-	-	0,63	-	-
	Portadas opacas	0,30	0,40	0,50	0,35	0,46	0,58
	Persianas	0,35	0,45	0,57	0,40	0,55	0,65
	Proteção entre dois vidros: estore veneziano, lâminas delgadas	-	-	-	0,28	0,34	0,40

Figura 79: Valores correntes do fator solar de vãos envidraçados com vidro corrente e dispositivos de proteção solar (Fonte: Decreto-Lei nº118/2013).

5.2.2.3 Taxa de Renovação do Ar

A taxa de renovação do ar é dividida pelas estações de aquecimento e arrefecimento. A taxa de renovação na estação de aquecimento, $R_{ph,i}$, apresenta um valor limite de 0,4 enquanto que na estação de arrefecimento, $R_{ph,v}$, o valor limite é de 0,6.

O valor da renovação de ar para as estações do ano calculou-se de acordo com a folha de cálculo fornecida pelo LNEC (2014). Os parâmetros de entrada na folha de cálculo são os seguintes: número de fachadas expostas ao exterior; tipologia de edifício (habitação, unifamiliar ou multifamiliar); pé direito médio; altura e área útil; características de permeabilidade ao ar dos envidraçados; zona climática; aberturas de admissão de ar na fachada.

5.2.2.4 Necessidade Nominal de Energia Útil para Aquecimento

A necessidade nominal de energia útil para aquecimento, N_{ic} , de um edifício consiste na necessidade de energia para que o edifício permita uma temperatura de conforto mínima de 18° durante a estação de inverno. O cálculo do valor de N_{ic} é dado pela seguinte equação:

$$N_{ic} = \frac{Q_t + Q_v - Q_{gu}}{A_p}$$

em que:

Q_t – perdas de calor por transmissão através da envolvente (kWh);

Q_v – perdas de calor por ventilação (kWh);

Q_{gu} – ganhos de calor úteis, obtidos pelos ganhos solares dos vãos envidraçados, ocupantes, iluminação e equipamentos (kWh);

A_p – área útil do pavimento (m^2).

A necessidade de energia para aquecimento encontra-se relacionada com vários parâmetros, incluindo as perdas de calor por transmissão através da envolvente Q_t , onde se inserem as perdas energéticas associadas aos envidraçados. Assim, as soluções propostas para reabilitação de envidraçados existentes fazem parte de uma parcela que contribui para a redução da necessidade de aquecimento.

5.2.3 Síntese de Resultados

A Tabela 19 apresenta os resultados da aplicação do regulamento do desempenho energético do edifício tendo em conta as soluções de envidraçados. Verificou-se que as perdas dos vãos envidraçados são inferiores para a solução de substituição. Desta forma, o coeficiente de transmissão térmica global (1,8) do envidraçado de substituição ser inferior, contribuiu para menores perdas de energia pelos envidraçados, no entanto, para as restantes soluções com um valor de U_w superior resulta num maior número de perdas pela envolvente translúcida.

As soluções de envidraçado original e reparado, permitem um maior contributo dos ganhos solares. Este facto deve-se à utilização da composição de vidro duplo com fator solar inferior (0,48), comparativamente com o fator solar (0,88) de vidro simples das soluções de envidraçados original e reparado.

Para as três soluções verificou-se a mesma classe energética do edifício. De salientar, que as restantes soluções construtivas de envolvente opaca, ventilação e sistemas de climatização foram consideradas as mesmas que o edifício original, efetivando-se, portanto, o estudo exclusivamente para verificar a influência dos envidraçados no comportamento do edifício. Desta forma, verifica-se uma relação entre o valor de g_T e o valor de U_w , contribuindo para o equilíbrio entre a energia perdida e os ganhos através do envidraçados.

Tabela 19: Principais resultados da influência das soluções de envidraçados resultantes da aplicação do REH.

	Vão envidraçado original	Vão envidraçado reparado	Vão envidraçado de substituição
Perdas pelos vãos (kWh/ano)	20 056,74	13 312,38	5 690,37
Necessidades nominais de aquecimento (N_{ic}) (kWh/m².ano)	88,99	76,93	83,84
Fator solar	0,88	0,88	0,48
U_w (W/m².K)	5,10	4,73	1,80
Ganhos solares brutos (kWh/ano)	26 436,43	26 465,56	14 458,24
Classe energética	D	D	D

Através da análise comparativa, pela folha de cálculo de avaliação do comportamento térmico e do desempenho energético de edifícios, de acordo com o regulamento do desempenho energético dos edifícios de habitação pode concluir-se que para a estação de aquecimento a melhor solução passaria pela reparação do vão envidraçado. Atendendo a que esta comparação só foi realizada para a zona de Aveiro, podendo ser ou não a mesma para outras zonas do país com efeitos climáticos diferentes.

Capítulo 6

Considerações Finais

6 Considerações Finais

6.1 Conclusões

O presente estudo apresentou como principal objetivo a definição de estratégias de reabilitação de vãos envidraçados de madeira existentes, propondo uma metodologia de reabilitação que permite o desenvolvimento de uma solução construtiva mais eficiente, preservando a linha arquitetónica do edifício.

Na elaboração do presente estudo realizou-se uma extensa pesquisa bibliográfica, averiguando-se em Portugal a carência de estudos relacionados com a reabilitação de caixilharias de madeira antigas.

Em síntese do estudo realizado, seguindo a estrutura da própria dissertação, conclui-se que:

1. O sistema construtivo deste tipo de edifícios é composto por alvenaria, de pedra e materiais cerâmicos, e estrutura de madeira, muito usual nos finais do século XVIII, e com caixilharias de duas folhas de batente e bandeira em madeira;
2. Na seleção de caixilharias para reabilitação de edifícios existentes e com valor patrimonial, as exigências funcionais (de desempenho e certificação) não podem contradizer as exigências culturais (arquitetónicas e históricas);
3. O estudo de diagnóstico, assim como todos os levantamentos (geométrico, fotográfico, histórico, arquitetónico e análise de anomalias e degradações) são importantes na escolha da estratégia de reabilitação a adotar;
4. Através do ensaio para avaliar as necessidades de aquecimento e aplicação dos critérios de certificação energética segundo a regulamentação portuguesa (REH) concluiu-se que o edifício tem uma inércia térmica forte. Desta forma, a diminuição de temperatura após desligar o aquecedor demonstrou a relevância das perdas da envolvente relativamente aos vãos opacos e translúcidos;
5. No ensaio para avaliação termográfica podem ser observadas pontes térmicas lineares entre o vidro e o caixilho, representando assim uma grande perda de energia nessas ligações;

6. As reparações no envidraçado original permitiram melhorar a sua resistência mecânica, passando de uma classe 1 para classe 2, enquanto que o envidraçado de substituição obteve classe 4;
7. Os custos de produção de uma janela nova são menores (848,37 €), comparativamente com os custos de reparação da janela original (981,95 €);
8. As perdas através dos envidraçados são superiores na janela reparada (13 312,38 kWh/ano), comparativamente com a janela definida como janela de substituição (5 690,37 kWh/ano), no entanto, os ganhos solares, são mais elevados no envidraçado de reparação por ser constituído por vidro simples com um fator solar elevado (0,88) em relação ao fator solar do envidraçado de substituição (0,48). Pode afirmar-se que por este motivo, em termos relativos, não foi possível melhorar a classe energética do edifício;
9. A utilização de uma caixilharia nova com vidro duplo confirmou-se numa redução significativa do valor do fator solar de 0,88 para 0,48;
10. No que respeita à rentabilidade e análise dos resultados obtidos pode concluir-se que a melhor estratégia de solução para os vãos envidraçados passaria pela sua substituição completa, atendendo a que não se conseguiu aplicar as melhorias de reparação previstas.

Espera-se que a dissertação aqui desenvolvida contribua positivamente na necessidade de informar e alertar todos os intervenientes do processo de reabilitação de edifícios existentes com valor patrimonial tendo em conta que é necessário conservar a sua identidade histórica e arquitetónica.

6.2 Desenvolvimentos futuros

Como já foi referido anteriormente, não existem estudos com a abrangência necessária a este tema, logo seria interessante continuar com o seu desenvolvimento e pesquisa.

- Recolher levantamentos do património edificado no país que tenha sido sujeito a reabilitações e analisar as soluções adotadas em relação aos vãos envidraçados e se foi mantido o seu valor patrimonial e arquitetónico;

- Desenvolver um caso de estudo em que o vão envidraçado a ser reparado possa ser substituído o vidro simples por vidro duplo e voltar a repetir os ensaios;
- Repetir o ensaio de verificação das necessidades de aquecimento com o envidraçado de reparação e de substituição;
- Estudar alterações ao regulamento térmico nacional para um melhor ajuste das exigências em relação à reabilitação dos edifícios existentes;
- Aplicar novamente o REH melhorando outros sistemas do edifício e perceber a influência dos envidraçados;
- Estabelecer orientações para a reabilitação de envidraçados de madeira para edifícios de valor histórico, patrimonial e arquitetónico;
- Repetir novamente a aplicação da folha de cálculo de avaliação do comportamento térmico e do desempenho energético de edifícios para outras zonas do país e perceber qual a influência dos vãos envidraçados.

Referências Bibliográficas

Referências Bibliográficas

- Agenda 21 (1999). Internacional Council for Research and Innovation in Building and Construction. Agenda 21 on Sustainable Construction, CIB Report Publication No. 237. Roterdão.
- Anselmo, Isabel; Nascimento, Carlos; Maldonado, Eduardo; Vasconcelos de Paiva, José A.; Pina dos Santos, C. A.; Grandão Lopes, Jorge; Pinto, Armando; Peixoto de Freitas, Vasco; Tirone, Nicolau (2004). Reabilitação Energética da Envolvente de Edifícios Residenciais. Lisboa: DGGE, 2004. ISBN 972-8268-33-5.
- Baker, Paul (2008). Thermal Performance of Traditional Windows. Centre for Research on Indoor Climate and Health. Glasgow Caledonian University. October 2008.
- Barreira, Eva. (2004). Aplicação da Termografia ao Estudo do Comportamento Higrotérmico dos Edifícios. Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia, Porto. Tese de Mestrado.
- Brindley, G. W.; Brown, G. (1980). Crystal Structures of Clay Minerals and their X-Ray Identification. Sistema de Inspeção e Diagnóstico de Caixilharias. Mineralogical Society. London.
- Châtelet & Groslier (1992) – Nova Enciclopédia Portuguesa – Volume 16. Ediclube – Edição e Promoção do Livro. Lisboa. Depósito Legal: B-15.818-1992.
- Decreto-Lei nº118/2013. Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios.
- Edifícios e Energia (2012). Sistema de Etiquetagem Energética de Produtos (SEEP) – Uma nova etiqueta para as janelas – Revista Edifícios e Energia
- EDP (2015). Dicas de eficiência energética: viva a sua casa com uma energia mais sustentável. <<https://www.edp.pt/pt/particulares/bemvindoaedp/Guia%20Eficiencia%20Energetica/Guia%20da%20Efici%C3%Aancia%20Ener%C3%A9tica.pdf>> (Acesso em setembro de 2015).
- EMO (2001). - EMOdico - Dicionário Técnico. European Mortar Industry Organization. 3ª Edição. Bélgica.
- EN 1015-18. Absorção de água por capilaridade.
- EN 1026:2016. Windows and doors. Air permeability. Test method.
- EN 1027:2000. Windows and doors. Watertightness. Test method.

EN 12207:2000. Norma Europeia para classificar o vão envidraçado quanto à permeabilidade ao ar.

EN 12208:2000. Norma Europeia para classificar o vão envidraçado quanto à estanquidade a água.

EN 12210:2000. Norma Europeia para classificação de vãos envidraçados em função da sua resistência ao vento.

EN 12211:2016. Windows and doors. Resistance to wind load. Test method.

EN 13829:2001. Thermal performance of buildings. Determination of air permeability of buildings. Fan pressurization method.

Energy Saving (2005). Energy efficient refurbishment of existing housing. Energy Saving Trust: 2005

EPBD (2010). Diretiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de Maio de 2010 relativa ao desempenho energético dos edifícios (reformulação). Jornal Oficial da União Europeia, 2010.

Fisher, Charles E.; Slaton, Deborah. Shiffer, Rebecca A (1997). Window Rehabilitation Guide for Historic Buildings. Historic Preservation Education Foundation. Washington.

FLIR (2009). Infrared Guidebook for Building Applications. Flir Systems AB, Infrared Training Centre. SPECMAN - Aplicações de termografia em edifícios. Portugal.

Fragoso, Rui (2013). Espaços & Casas – Especial Janelas Eficientes. Portugal necessita de mais eficiência energética nos edifícios: A instalação de janelas eficientes contribui decisivamente para a reabilitação energética dos edifícios. Expresso, 2013.

Lopes, Nuno (2006). Reabilitação de Caixilharias de Madeira em Edifícios do Século XIX e Início do Século XX: Do Restauro à Seleção Exigencial de uma Nova Caixilharia, o Estudo do Caso da Habitação Corrente do Portuense. Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia, Porto. Tese de Mestrado.

Mamede, Mário; Pinto, Armando (2012). Caracterização Experimental do Desempenho Térmico na Estação de Aquecimento de um Edifício Gaioleiro, Contributos para uma Reabilitação Sustentável. Conference Paper. September 2012.

Mankibi, Mohamed El; Cantin, Richard; Zoubir, Amine (2015). Contribution to the thermal renovation of old buildings: Numerical and Experimental approach for characterizing a double window. 6th Internacional Buildings Physics Conference, IBPC 2015. Science Direct.

- Mascarenhas, Jorge (2007). Sistemas de Construção – Coberturas Inclínadas (Primeira Parte – Volume VI). Descrição ilustrada e detalhada de processos construtivos utilizados correntemente em Portugal. Livros Horizonte, Portugal. 2ª edição.
- Minneapolis Blower Door (2016). <<http://dev.energyconservatory.com/wp-content/uploads/2014/07/Blower-Door-model-3-and-4.pdf>> (Acesso em junho de 2016)
- Myers, John H. (2005). A Reparação de Janelas Históricas em Madeira. 9 Preservtions Briefs. Technical Preservation Services, National Park Service, U.S. Department oh the interior.
- NP EN 410: 2000. Determinação de características luminosas e solares dos envidraçado. CEN, Bruxelas, 2000.
- Oliveira, R. (2013). Construir segundo requisitos Passivhaus: Modelação de pontes térmicas. Tese de Mestrado, Universidade de Aveiro, Portugal.
- Pereira, T.A. (2008). Otimização das características de humedecimento e secagem de argamassas. Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa. Tese de Mestrado.
- Pinto, Armando (2003). Reabilitação de Caixilharias. Melhoria das Características de Comportamento Térmico. Conference Paper. Maio 2003.
- Pinto, Armando (2010). Reabilitação Térmica e Energética de Vãos Envidraçados. Cadernos Edifícios nº 5 – Conservação e Reabilitação de Edifícios Recentes, 173-202 pp. Lisboa: LNEC. Julho 2010.
- Santos, A. (2012). Sistema de Inspeção e Diagnóstico de Caixilharias. Instituto Superior Técnico, Lisboa. Tese de Mestrado.
- Sherman, Max H; Chan, Wanyu R. (2004). Air Building Airtightness: Research and Practice. LBNL report. Califórnia. Vol. 53356.
- Tadeu, António; Peixoto de Freitas; Vasco (2016). Construção Magazine – Revista Técnico Científica em Engenharia Civil nº 74. Entrevista, 4-10 pp. Julho / Agosto 2016.
- Tavares, Alice; Costa, Aníbal; Varum, Humberto (2011). Manual de Reabilitação e Manutenção de Edifícios – Guia de Intervenção. Aveiro: Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro.
- Tirone, L; Nunes, K. (2007). Construção Sustentável. Tirone Nunes S.A., Sintra, Portugal.

Tutton, Michael; Hirst Elizabeth (2007). Windows: History, Repair and Conservation. Donhead Publishing Ltd.

Viegas, João C.; Braz, Oliveira (1994). Qualificação de Componentes de Edifícios: Seleção de janelas em função da sua exposição. Lisboa. LNEC.

Anexos

Anexo A: Ficha de Inspeção para Vãos Envidraçados

Ficha de Inspeção de Janelas de Madeira

1. Identificação do edifício

Morada: Rua José Estevão

Cód. Postal: 3800-202

Localidade: Aveiro

Distrito: Aveiro

Localização no território: ☐ Região A ☐ Região B

Rugosidade aerodinâmica do solo: ☐ Tipo I ☐ Tipo II ☐ Tipo III

Ano de Construção: anterior a 1918

Nº de pisos: 3

O edifício já sofreu algum tipo de intervenção? ☐ Não ☐ Sim: _____

Classificação do edifício: ☐ Privado ☐ Público

Tipo de Utilização: ☐ Habitação unifamiliar ☐ Habitação multifamiliar ☐ Comercial ☐ Outra: _____

Edifício em Ruína: ☐ Sim ☐ Não

Número de compartimentos com vãos: 18

Tipologia Estrutural: ☐ Alvenaria ☐ Pedra ☐ Adobe ☐ Betão armado ☐ Outra: _____.

Marcação CE: ☐ Sim ☐ Não

2. Caracterização da localização da caixilharia

Orientação da fachada: ☐ Norte ☐ Sul ☐ Este ☐ Oeste

Exposição do vão: ☐ Protegido ☐ Exposto

Descrição de espaço: ☐ Sala ☐ Quarto ☐ Cozinha ☐ Outro: _____

Área do compartimento: 17,66 m²

3. Características da caixilharia

Proteção solar: ☐ Portada exterior ☐ Portada interior ☐ Estore ☐ Outro: _____

Tipo de vidro: ☐ Duplo ☐ Simples ☐ Triplo ☐ Outro: _____

Tipo de madeira: ☐ Carvalho ☐ Sipo ☐ Afzélia ☐ Abeto ☐ Castanho ☐ Pinho ☐ Outra: _____

Material vedante das juntas do vidro da caixilharia interiores:

☐ Silicone ☐ Borracha ☐ Betume ☐ Outro: _____

Material vedante das juntas do vidro da caixilharia exteriores:

☐ Silicone ☐ Borracha ☐ Betume ☐ Outro: _____

4. Características geométricas

Dimensões do vão: 1280 x 2200 mm (Comprimento x Altura)

Área do vão: 2,82 m²

Número de folhas: 2

Dimensões dos vidros: 4 * 450 x 680 mm + 1 * 1031 x 390 (Comprimento x Altura)

Área de envidraçado: 1,62 m²

Forma de abertura: ☐ Batente ☐ Correr ☐ Oscilo-batente ☐ Guilhotina ☐ Outra: _____

5. Permeabilidade ao ar

☐ Permite a entrada abundante de ar ☐ Permite a entrada pontual de ar ☐ Em bom estado

Identificação das anomalias observadas: ____-____-____-____-____

Registo Fotográfico: _____

6. Estanquidade à água

☐ Entrada abundante de água ☐ Entrada pontual de água ☐ Estanque à água

Identificação das anomalias observadas: ____-____-____-____-____

Registo Fotográfico: _____

7. Deformações

☐ Permite infiltrações de água e de ar ☐ Caixilharia inutilizável ☐ Pequenas deformações ☐ Aplicação de força excessiva no movimento das folhas ☐ Sem deformações ☐ Sem deformações

Identificação das anomalias observadas: ____-____-____-____-____

Registo Fotográfico: _____

8. Análise da degradação dos materiais

7.1. Degradação dos revestimentos e acabamentos

☐ Totalmente degradado ☐ Parcialmente degradado ☐ Pouco degradado, necessita apenas de limpeza

☐ Degradação dos elementos de contorno da caixilharia ☐ Em bom estado

Identificação das anomalias observadas: ____-____-____-____-____

Registo Fotográfico: _____

8.2. Dobradiças

☐ Inexistência ☐ Deformação das dobradiças ☐ Mal afinadas ☐ Oxidadas ☐ Bom estado

Identificação das anomalias observadas: ____-____-____-____-____

Registo Fotográfico: _____

8.3. Degradação dos mecanismos de abertura e fecho (puxadores)

☐ Sem elementos de abertura e fecho ☐ Mecanismos de abertura e fechos deformados

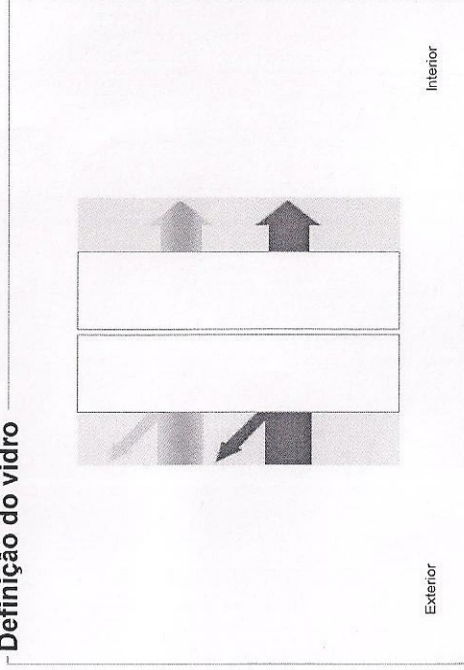
<input type="checkbox"/> Dificuldade na abertura e fecho <input type="checkbox"/> Oxidados <input type="checkbox"/> Bom estado <input type="checkbox"/> Outra _____	
Identificação das anomalias observadas: ____ - ____ - ____ - ____ - ____ Registo Fotográfico: _____	
8.4. Vedantes exteriores	
<input type="checkbox"/> Inexistência <input type="checkbox"/> Vedantes deformados <input type="checkbox"/> Bom estado	
Identificação das anomalias observadas: ____ - ____ - ____ - ____ - ____ Registo Fotográfico: _____	
8.5. Vedantes interiores	
<input type="checkbox"/> Inexistência <input type="checkbox"/> Vedantes deformados <input type="checkbox"/> Bom estado	
Identificação das anomalias observadas: ____ - ____ - ____ - ____ - ____ Registo Fotográfico: _____	
8.6. Vedantes das partes móveis	
<input type="checkbox"/> Inexistência <input type="checkbox"/> Vedantes deformados <input type="checkbox"/> Bom estado	
Identificação das anomalias observadas: ____ - ____ - ____ - ____ - ____ Registo Fotográfico: _____	
8.7 Degradação dos vidros da caixilharia	
<input type="checkbox"/> Sem vidro <input type="checkbox"/> Vidro partido <input type="checkbox"/> Vidro em bom estado	
Identificação das anomalias observadas: ____ - ____ - ____ - ____ - ____ Registo Fotográfico: _____	
9. Condensações	
9.1 Condensações superficiais nos vidros	
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	
Identificação das anomalias observadas: ____ - ____ - ____ - ____ - ____ Registo Fotográfico: _____	
9.2 Condensações no interior de vidros	
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	
Identificação das anomalias observadas: ____ - ____ - ____ - ____ - ____ Registo Fotográfico: _____	
10. Estado de conservação da caixilharia	
<input type="checkbox"/> Mau <input type="checkbox"/> Razoável <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Muito bom	
11. Tipos de Anomalias 1. Inexistência de vedantes 2. Retração dos vedantes 3. Aberturas nas juntas fixas do caixilho 4. Folga excessiva na junta móvel 5. Folga insuficiente entre o aro e o vão 6. Vedantes deformados 7. Descontinuidade na linha de vedação entre o aro e o vão 8. Falta de manutenção 9. Juntas fixas abertas 10. Interferência da folha com o aro 11. Inexistência de barreira exterior que limite o caudal de agua infiltrado 12. Sem furos de drenagem 13. Vedantes deformados 14. Utilização de vedantes de baixa permeabilidade ao ar 15. Ausência de pingadeira 16. Utilização de aros incompletos 17. Descontinuidade na linha de vedação entre o aro e o vão 18. Juntas fixas abertas 19. Folga nas juntas dos bites 20. Interferência da folha com o aro 21. Folga insuficiente entre o aro e o vão 22. Folga insuficiente no vidro 23. Falta de manutenção 24. Ferragens mal afinadas	25. Pontos de fecho insuficientes 26. Empeno da madeira 27. Fixação incorreta do aro no vão 28. Escolha inadequada do perfil, materiais ou sistema de caixilho em função dos vãos 29. Instalação mal concebida ou incorreta 30. Má conceção 31. Espessura insuficiente 32. Manuseamento incorreto 33. Falta de aplicação de tratamento de prevenção 34. Envelhecimento natural 35. Desenvolvimento de micro-organismos 36. Acumulação de sujidade 37. Materiais de baixa qualidade 38. Pontos de fecho insuficientes 39. Durabilidade insuficiente para este tipo de utilização 40. Clima local 41. Manuseamento incorreto das partes móveis 42. Calçamento deficiente do vidro 43. Juntas de dilatação da caixilharia mal concebidas 44. Atos de vandalismo 45. Isolamento térmico insuficiente 46. Humidade excessiva 47. Ventilação insuficiente 48. Falta de aquecimento 49. Utilização de mão de obra inexperiente ou pouco qualificada





Anexo B: Ficha Técnica para o Vidro Simples

Definição do vidro



	Primeiro vidro
Gás	
Capa	
Primeiro vidro	PLANICLEAR 4,00mm
Capa	
Intercalar	PVB standard 0,38 mm
Capa	
Segundo vidro	PLANICLEAR 4,00mm
Capa	

Dimensões de fabrico

Espessura nominal: 8,4 mm
Peso: 20,4 kg/m²

Emissividade

Emissividade normal exterior: 0,89
Emissividade normal interior: 0,89

Factores luminosos (EN410-2011) : (D65 2°)

Transmitância: 89 %
Reflectância exterior: 8 %
Reflectância Interior: 8 %

Factores energéticos (EN410-2011) :

Transmitância: 78 %
Reflectância exterior: 7 %
Reflectância Interior: 7 %
Absorção A1: 15 %

Factores solares (EN410-2011) :

g: 0,81
Coeficiente de sombreamento: 0,93

Transmissão térmica (EN673-2011) - 0° Em relação á posição vertical

Ug: 5,6 W/(m².K)



Calumen II

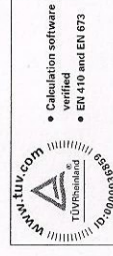
Calumen II é um software de simulação de cálculo das características do vidro tais como transmissão luminosa, factor solar ou coeficiente de transmissão térmica. Os valores são calculados a título indicativo e sujeitos a alterações, não sendo garantia de performance dos produtos.

Estes valores são calculados de acordo com as normas EN410-2011 e EN673-2011. As tolerâncias estão definidas de acordo com normas EN 1096-4 ou ISO9050-2003. Contudo, o utilizador deverá verificar a viabilidade dos produtos associados, em particular nas espessuras e cores.

Para além disso, é sua responsabilidade a verificação da composição do vidro resultante quanto aos requisitos da regulamentação a nível nacional, local ou regional.

Computed values with NFRC-2010 standards are indicative. Please use NFRC certified software for certified values.
User must check the feasibility of the associated products, in particular in terms of thickness and color.
Furthermore, it is responsibility to check that the resulting combination of glazing meets regulatory requirements at national, local or regional level.

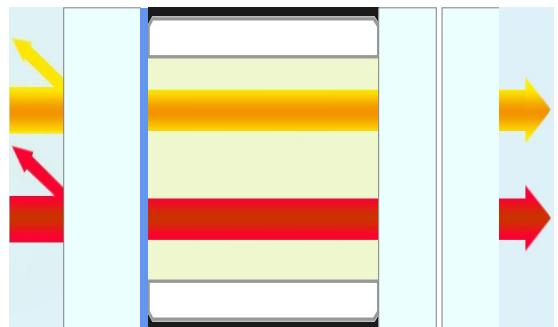
As regras de cálculo e funções dos resultados do Calumen II foram validadas pelo TUV Rheinland Quality / TNO quality 11623R-11-33705



• Calculation software
verified
• EN 410 and EN 673

Anexo C: Ficha Técnica para o Vidro Duplo

Definição do vidro



Exterior

Interior

	Primeiro vidro	Segundo vidro
Gás		Air 12,00mm
Capa		
Primeiro vidro	PLANICLEAR 4,00mm	PLANICLEAR 3,00mm
Capa	PLANITHERM ONE	
Intercalar		PVB standard 0,38 mm
Capa		
Segundo vidro		PLANICLEAR 3,00mm
Capa		

Perda de transmissão de som

Valores acústica simulada : **Rw(C;Ctr) = 33(-1;-4) dB**

Resistência assaltante EN356 : **NPD**

Dimensões de fabrico

Espessura nominal : **22,4 mm**
Peso : **25,4 kg/m²**

Factores luminosos (EN410-2011) : (D65 2°)

Transmitância : **71 %**
Reflectância exterior : **23 %**
Reflectância Interior : **22 %**

Factores energéticos (EN410-2011) :

Transmitância : **44 %**
Reflectância exterior : **41 %**
Reflectância Interior : **34 %**
Absorção A1 : **11 %**
Absorção A2 : **4 %**

Factores solares (EN410-2011) :

g : **0,48**
Coeficiente de sombreamento : **0,55**

Transmissão térmica (EN673-2011) - 0° Em relação á posição vertical

Ug : **1,5 W/(m².K)**



Calumen II é um software de simulação de cálculo das características do vidro tais como transmissão luminosa, factor solar ou coeficiente de transmissão térmica. Os valores são calculados a título indicativo e sujeitos a alterações, não sendo garantia de performance dos produtos.

Estes valores são calculados de acordo com as normas EN410-2011 e EN673-2011. As tolerâncias estão definidas de acordo com normas EN 1096-4 ou ISO9050-2003. Contudo, o utilizador deverá verificar a viabilidade dos produtos associados, em particular nas espessuras e cores. Para além disso, é sua responsabilidade a verificação da composição de vidro resultante quanto aos requisitos da regulamentação a nível nacional, local ou regional. Os valores calculados usando a norma NFRC-2010 são indicativos. Por favor use programas certificados NFRC para obter valores certificados.

As regras de cálculo e funções dos resultados do Calumen II foram validadas pelo TUV Rheinland Quality / TNO quality - Relatório 11923R-11-33705



Anexo D: Relatório do Desempenho Energético para o Edifício com os Vãos Envidraçados Originais

FICHA N.º 2
REGULAMENTO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO
DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO (REH)
 (nos termos da alínea d) do n.º 1.2)

Câmara Municipal de Aveiro

Edifício

Empreendimento: _____ Nº de fracções _____

Morada: _____

Freguesia: UNIÃO DAS FREGUESIAS DE GLÓRIA E VERA CRUZ Concelho: Aveiro

Construção conforme projeto:

☐ Sim ☐ Sim, de acordo com alterações promovidas em obra
 (a preencher com base na informação da versão final do projeto de comportamento térmico)

Caracterização:

Fração	Área interior útil de pavimento (m ²)	Pé direito médio ponderado (m)	Tipologia	Pré-certificado n.º
-	544.47	4.33	T16	

Resumo de cálculo:

Fração	Tx. ren. (RPH)	Nic (kWh/(m ² .ano))	Ni (kWh/(m ² .ano))	Nvc (kWh/(m ² .ano))	Nv (kWh/(m ² .ano))	Qa (kWh/ano)	Ntc (kWh _{EP} /(m ² .ano))	Nt (kWh _{EP} /(m ² .ano))	E _{ren,p} (kWh/ano)(*)	E _{ren,ext} (kWh/ano)(*)
-	0.17	88.99	46.30	13.10	8.54	10103	287.64	171.69	0	0

(*) correspondente à totalidade das formas de energias renováveis, destinadas a suprir necessidades relativas aos usos de aquecimento, arrefecimento, preparação de AQS e ventilação.

(**) correspondente à energia renovável que é exportada do edifício e/ou consumida em outros usos não incluídos em E_{ren,p}.

Técnico responsável pelo projeto de comportamento térmico

Nome: _____

Inscrita na: _____ Número de inscrição: _____

Diretor de fiscalização de obra (se aplicável)

Nome: _____

Inscrita na: _____ Número de inscrição: _____

Diretor técnico de obra

Nome: _____

Inscrita na: _____ Número de inscrição: _____

Assinatura _____

PAVIMENTOS EM CONTACTO COM O EXTERIOR	Área A m ²	U W/m ² .°C	U.A W/°C	PAVIMENTOS EM CONTACTO COM O EXTERIOR	Área A m ²	U W/m ² .°C	U.A W/°C
---------------------------------------	--------------------------	---------------------------	-------------	---------------------------------------	--------------------------	---------------------------	-------------

COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR		Área A m²	U _{ascendente} W/m².°C	U.A W/°C	COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR		Área A m²	U _{ascendente} W/m².°C	U.A W/°C
	CBE1	80.56	2.24	180.45		CBE1	80.56	0.40	32.22
		-	-	-			-	-	-
		-	-	-			-	-	-
		-	-	-			-	-	-
		-	-	-			-	-	-
		-	-	-			-	-	-
		-	-	-			-	-	-
		-	-	-			-	-	-
		-	-	-			-	-	-
		-	-	-			-	-	-
		-	-	-			-	-	-
		-	-	-			-	-	-
		-	-	-			-	-	-
		-	-	-			-	-	-
		-	-	-			-	-	-
		-	-	-			-	-	-
		-	-	-			-	-	-
		-	-	-			-	-	-
		-	-	-			-	-	-
		-	-	-			-	-	-
		-	-	-			-	-	-
		-	-	-			-	-	-
TOTAL				180.45	TOTAL				32.22

VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES		Área A m²	U W/m².°C	U.A W/°C	VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES	Área A m²	U W/m².°C	U.A W/°C
1 (VE1)	2.73	5.71	15.59	1 (VE1)	2.62	2.80	7.33	
2 (VE1)	2.73	5.71	15.59	2 (VE1)	2.62	2.80	7.33	
3 (VE1)	2.67	5.71	15.25	3 (VE1)	2.56	2.80	7.17	
4 (VE1)	2.67	5.71	15.25	4 (VE1)	2.56	2.80	7.17	
5 (VE1)	2.73	5.71	15.59	5 (VE1)	2.62	2.80	7.33	
6 (VE1)	2.73	5.71	15.59	6 (VE1)	2.62	2.80	7.33	
7 (VE1)	2.84	5.71	16.20	7 (VE1)	2.72	2.80	7.62	
8 (VE1)	3.99	5.71	22.81	8 (VE1)	3.83	2.80	10.73	
9 (VE1)	2.37	5.71	13.56	9 (VE1)	2.28	2.80	6.38	

[illegible]

[illegible]

Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior H_{ext} 711.60 W/°C

A.7 - ENVOLVENTE INTERIOR

[illegible]

[illegible]

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{ext REF}$	711.60	W/C
	+	
Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{int REF} + H_{adj REF}$	190.57	W/C
	+	
Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{ecs REF}$	115.95	W/C
	=	

Coefficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr} W/°C

A.5 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H_{ext} W/°C

+

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior H_{enu} W/°C

+

Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H_{ecs} W/°C

=

Coefficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr} W/°C

Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr REF}$ W/°C

A.10 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{ext REF}$ W/°C

+

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{enu REF}$ W/°C

+

Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{ecs REF}$ W/°C

=

Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr REF}$ W/°C

Folha de Cálculo B

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA

B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

B.3 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

$$\begin{aligned}
 &1 \\
 &- \\
 \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC,i} &= 0 \\
 &\times \\
 \text{Caudal médio diário insuflado } V_{ins} &= 0 \text{ m}^3/\text{h} \\
 &\div \\
 R_{ph,i} \cdot A_p \cdot P_d &= 942.30 \text{ m}^3/\text{h} \\
 &= \\
 \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,e} &= 1.00 \\
 &\times \\
 &0.34 \\
 &\times \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{ph,i} &= 0.40 \text{ h}^{-1} \\
 &\times \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p &= 544.47 \text{ m}^2 \\
 &\times \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d &= 4.33 \text{ m} \\
 &= \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,i} &= 320.38 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &0.34 \\
 &\times \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{ph,i \text{ REF}} &= 0.40 \text{ h}^{-1} \\
 &\times \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p &= 544.47 \text{ m}^2 \\
 &\times \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d &= 4.33 \text{ m} \\
 &= \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,i \text{ REF}} &= 320.38 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

B.2 - ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned}
 &1 \\
 &- \\
 \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC,v} &= 0 \\
 &\times \\
 \text{Caudal médio diário insuflado } V_{ins} &= 0 \text{ m}^3/\text{h} \\
 &\div \\
 R_{ph,v} \cdot A_p \cdot P_d &= 1413.46 \text{ m}^3/\text{h} \\
 &= \\
 \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,e} &= 1.00 \\
 &\times \\
 &0.34 \\
 &\times \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento } R_{ph,v} &= 0.60 \text{ h}^{-1} \\
 &\times \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p &= 544.47 \text{ m}^2 \\
 &\times \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d &= 4.33 \text{ m} \\
 &= \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,v} &= 480.57 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$



Folha de Cálculo C

GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

C.1 - GANHOS INTERNOS

$$\begin{aligned} & 0.72 \\ & \times \\ & \text{Ganhos internos médios } q_{\text{int}} \boxed{4} \text{ W/m}^2 \\ & \times \\ & \text{Duração da estação de aquecimento } M \boxed{6.21} \text{ meses} \\ & \times \\ & \text{Área útil de pavimento } A_p \boxed{544.47} \text{ m}^2 \\ & = \\ & \text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int},i} \boxed{9740.87} \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

C.2 - GANHOS SOLARES

Designação do envidraçado	Orientação	Factor Solar Inverno g_i	Área A_w m^2	Factor de Obstrução $F_{s,i}=F_{h,i}\cdot F_{o,i}\cdot F_{f,i}$	Fracção Envidraçada F_g	Área efectiva colectora $A_{s,i}=A_w\cdot F_{s,i}\cdot F_g\cdot g_i$ m^2	Factor de Orientação X	Área Efectiva colectora a Sul $X\cdot A_{s,i}$ m^2
1 (VE1)	Oeste	0.79	2.73	1.00	0.57	1.23	0.56	0.69
2 (VE1)	Oeste	0.79	2.73	1.00	0.57	1.23	0.56	0.69
3 (VE1)	Oeste	0.79	2.67	0.88	0.57	1.05	0.56	0.59
4 (VE1)	Oeste	0.79	2.67	0.88	0.57	1.05	0.56	0.59
5 (VE1)	Oeste	0.79	2.73	1.00	0.57	1.23	0.56	0.69
6 (VE1)	Oeste	0.79	2.73	1.00	0.57	1.23	0.56	0.69
7 (VE1)	Este	0.79	2.84	1.00	0.57	1.28	0.56	0.72
8 (VE1)	Este	0.79	3.99	1.00	0.57	1.80	0.56	1.01
9 (VE1)	Sul	0.70	2.37	1.00	0.57	0.95	1.00	0.95
10 (VE1)	Sul	0.70	2.37	1.00	0.57	0.95	1.00	0.95
11 (VE1)	Sul	0.70	2.37	1.00	0.57	0.95	1.00	0.95
12 (VE1)	Sul	0.70	3.57	1.00	0.57	1.43	1.00	1.43
13 (VE1)	Este	0.79	1.65	1.00	0.57	0.74	0.56	0.42
14 (VE1)	Oeste	0.79	2.50	1.00	0.57	1.12	0.56	0.63
15 (VE1)	Oeste	0.79	2.50	1.00	0.57	1.12	0.56	0.63
16 (VE1)	Oeste	0.79	3.27	1.00	0.57	1.47	0.56	0.82
17 (VE1)	Oeste	0.79	3.27	1.00	0.57	1.47	0.56	0.82
18 (VE1)	Oeste	0.79	3.86	1.00	0.57	1.74	0.56	0.97
19 (VE1)	Oeste	0.79	2.50	1.00	0.57	1.12	0.56	0.63
20 (VE1)	Oeste	0.79	2.50	1.00	0.57	1.12	0.56	0.63
21 (VE1)	Oeste	0.79	3.67	1.00	0.57	1.65	0.56	0.93
22 (VE1)	Oeste	0.79	3.67	1.00	0.57	1.65	0.56	0.93
23 (VE1)	Sul	0.70	3.67	1.00	0.57	1.47	1.00	1.47
24 (VE1)	Sul	0.70	3.67	1.00	0.57	1.47	1.00	1.47
25 (VE1)	Sul	0.70	3.67	1.00	0.57	1.47	1.00	1.47
26 (VE1)	Sul	0.70	3.67	1.00	0.57	1.47	1.00	1.47
27 (VE1)	Este	0.79	3.65	1.00	0.57	1.64	0.56	0.92
28 (VE1)	Oeste	0.79	2.30	1.00	0.57	1.04	0.56	0.58
29 (VE1)	Oeste	0.79	2.30	1.00	0.57	1.04	0.56	0.58
30 (VE1)	Oeste	0.79	2.30	1.00	0.57	1.04	0.56	0.58
31 (VE1)	Oeste	0.79	2.30	1.00	0.57	1.04	0.56	0.58
32 (VE1)	Este	0.79	2.30	1.00	0.57	1.04	0.56	0.58
33 (VE1)	Este	0.79	2.30	1.00	0.57	1.04	0.56	0.58
34 (VE1)	Este	0.79	2.48	1.00	0.57	1.12	0.56	0.63
35 (VE1)	Este	0.79	2.48	1.00	0.57	1.12	0.56	0.63

[illegible]

Em nenhum caso o produto $X_j \cdot F_h \cdot F_o \cdot F_f$ deve ser menor que 0.27;

Para contabilizar o efeito do contorno do vão o produto $F_o \cdot F_f$ deve ser inferior ou igual a 0,9, excepto nos casos em que o vão envidraçado esteja à face exterior da parede.

[illegible]

No cálculo de $g_{i,int}$ e $g_{i,ENU}$ não deverão ser considerados os dispositivos de protecção solar móveis devendo considerar-se apenas dispositivos permanentes; caso não existam quaisquer dispositivos de sombreamento, g_i será igual ao factor solar do vidro para uma incidência solar normal $g_{\perp,vi}$, afectado do factor de seletividade angular $F_{w,i}$.

Área efectiva total equivalente na orientação a Sul 30.40 m²

	x
Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul G_{sul}	140 kWh/m ² .mês

Duração da estação de aquecimento M

x
6.21

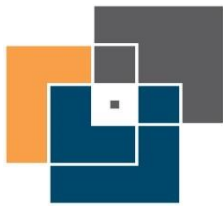
 meses

Ganhos solares brutos $Q_{sol,i}$	26436.43	kWh/ano
-----------------------------------	----------	---------

C.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

Ganhos internos brutos $Q_{\text{int},i}$	9740.87	kWh/ano
---	---------	---------

Ganhos solares brutos $Q_{sol,i}$ 26436.43 kWh/ano



Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$ kWh/ano

C.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul G_{sul} kWh/m².mês

x

0.182

x

0.2

x

Área útil de pavimento A_p m²

x

Duração da estação de aquecimento M meses

=

Ganhos solares brutos $Q_{sol,i}$ kWh/ano

+

Ganhos internos brutos $Q_{int,i}$ kWh/ano

=

Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$ kWh/ano

GANHOS TÉRMICOS BRUTOS NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

Ganhos internos médios Q_{int}	4	W/m ²
Duração da estação de arrefecimento L_v	2928	horas
Área útil de pavimento A_p	544.47	m ²
	÷	
	1000	
	=	
Ganhos internos brutos $Q_{int,y}$	6376.83	kWh/ano

VÃOS ENVIDRACADOS

[illegible]

Admite-se que os elementos opacos do ENU não causam sombreamento ao vão interior, pelo que na ausência de outros sombreamentos o factor de obstrução dos vãos interiores F_{enu} é igual a 1;

ENVOLVENTE EXTERIOR OPACA

PAREDE EXTERIOR		Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A_{op}	U	R_{se}	Área efectiva $A_{e}=\alpha.U.A_{op}.R_{se}$	Factor de Obstrução $F_o=F_{b1}.F_{b2}.F_{b3}$	Intensidade da Radiação I_{sol}	$I_{sol}.F_o.A_e$
				m ²	W/m ² .°C	(m ² .°C)/W	m ²		kWh/m ² .ano	kWh/ano
PDE1	Norte	0.40	60.42	0.99		0.96	1.00	220.00	210.56	
PDE1	Sul	0.40	47.30	0.99		0.75	1.00	420.00	314.70	
PDE1	Este	0.40	115.02	0.99		1.82	1.00	490.00	892.77	

[illegible]

168.13

17769,41

70.

9461.96

二

27231.36

D.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

6376.83

+

27231.36

1

33608.20

D.5 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

4

4

2928

1

1000

100

0.43

33

	λ
	0.2

0.2

$$\frac{x}{490}$$

451

53.85

34

	x
	544.47

1

29320.80

Folha de Cálculo E

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned} \text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} &= 2\,396.45 \text{ W/}^{\circ}\text{C} \\ &+ \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} &= 320.38 \text{ W/}^{\circ}\text{C} \\ &= \\ \text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i} &= 2\,716.84 \text{ W/}^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned} &0.024 \\ &\times \\ \text{Número de graus-dias de aquecimento } GD &= 1\,289 \text{ }^{\circ}\text{C.dias} \\ &\times \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} &= 2\,396.45 \text{ W/}^{\circ}\text{C} \\ &= \\ \text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i} &= 74\,113.66 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned} &0.024 \\ &\times \\ \text{Número de graus-dias de aquecimento } GD &= 1\,289 \text{ }^{\circ}\text{C.dias} \\ &\times \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} &= 320.38 \text{ W/}^{\circ}\text{C} \\ &= \\ \text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i} &= 9\,908.30 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned} \text{Inércia do edifício} &= \text{Forte} \\ \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{B,i} &= 36\,177.30 \text{ kWh/ano} \\ &\div \\ \text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar } Q_{tr,i} + Q_{ve,i} &= 84\,021.96 \text{ kWh/ano} \\ &= \\ \text{parâmetro } \gamma_i &= 0.43 \\ \text{parâmetro } a_i &= 4.20 \text{ W/}^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} \text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} &= 1\,018.11 \text{ W/}^{\circ}\text{C} \\ &+ \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} &= 320.38 \text{ W/}^{\circ}\text{C} \\ &= \\ \text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i,REF} &= 1\,338.49 \text{ W/}^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} &0.024 \\ &\times \\ \text{Número de graus-dias de aquecimento } GD &= 1\,289 \text{ }^{\circ}\text{C.dias} \\ &\times \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} &= 1\,018.11 \text{ W/}^{\circ}\text{C} \\ &= \\ \text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i,REF} &= 31\,486.44 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} &0.024 \\ &\times \\ \text{Número de graus-dias de aquecimento } GD &= 1\,289 \text{ }^{\circ}\text{C.dias} \\ &\times \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} &= 320.38 \text{ W/}^{\circ}\text{C} \\ &= \\ \text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i,REF} &= 9\,908.30 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &\text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_i \quad 0.98 \\
 &\quad \times \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,i} \quad 36177.30 \text{ kWh/ano} \\
 &\quad = \\
 &\text{Ganhos totais úteis } Q_{gu,i} \quad 35571.51 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_{i \text{ REF}} \quad 0.6 \\
 &\quad \times \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,i \text{ REF}} \quad 26976.81 \text{ kWh/ano} \\
 &\quad = \\
 &\text{Ganhos totais úteis } Q_{gu,i \text{ REF}} \quad 16186.08 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

$$\begin{aligned}
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i} \quad 74113.66 \text{ kWh/ano} \\
 &\quad + \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i} \quad 9908.30 \text{ kWh/ano} \\
 &\quad - \\
 &\text{Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento } Q_{gu,i} \quad 35571.51 \text{ kWh/ano} \\
 &\quad \text{(folha de cálculo 1.4)} \quad = \\
 &\text{Necessidades Anuais na estação de aquecimento} \quad 48450.45 \text{ kWh/ano} \\
 &\quad \div \\
 &\text{Área útil de pavimento } A_p \quad 544.47 \text{ m}^2 \\
 &\quad = \\
 &\text{Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento } N_{ic} \quad 88.99 \text{ kWh/m}^2.\text{ano}
 \end{aligned}$$

E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

$$\begin{aligned}
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i \text{ REF}} \quad 31486.44 \text{ kWh/ano} \\
 &\quad + \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i \text{ REF}} \quad 9908.30 \text{ kWh/ano} \\
 &\quad - \\
 &\text{Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento } Q_{gu,i \text{ REF}} \quad 16186.08 \text{ kWh/ano} \\
 &\quad = \\
 &\text{Necessidades Anuais na estação de aquecimento} \quad 25208.66 \text{ kWh/ano} \\
 &\quad \div \\
 &\text{Área útil de pavimento } A_p \quad 544.47 \text{ m}^2 \\
 &\quad = \\
 &\text{Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento } N_{il} \quad 46.30 \text{ kWh/m}^2.\text{ano}
 \end{aligned}$$

Folha de Cálculo F

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 2\,056.50 \quad \text{W/}^{\circ}\text{C} \\
 &\quad + \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,v} \quad 480.57 \quad \text{W/}^{\circ}\text{C} \\
 &\quad = \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,v} \quad 2\,537.08 \quad \text{W/}^{\circ}\text{C}
 \end{aligned}$$

F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 2\,056.50 \quad \text{W/}^{\circ}\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &(\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 4 \quad ^{\circ}\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \quad \text{horas} \\
 &\quad \div \\
 &1000 \\
 &\quad = \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento } Q_{tr,v} \quad 25\,964.43 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,v} \quad 480.57 \quad \text{W/}^{\circ}\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &(\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 4 \quad ^{\circ}\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \quad \text{horas} \\
 &\quad \div \\
 &1000 \\
 &\quad = \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento } Q_{ve,v} \quad 6\,067.52 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

F.6 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &\text{Inércia do edifício} \quad \text{Forte} \\
 &\quad \div \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,v} \quad 33\,608.20 \quad \text{kWh/ano} \\
 &\quad \div
 \end{aligned}$$

Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{tr,v} + Q_{ve,v}$ kWh/ano
 =
 parâmetro γ_v
 parâmetro av W/°C
 Factor de utilização dos ganhos η_v

Factor de utilização dos ganhos η_v

F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$(1 - \eta_v)$
 x
 Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v}$ kWh/ano
 ÷
 Área útil de pavimento A_p m²
 =
 Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento N_{vc} kWh/m².ano

F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$(1 - \eta_{v,REF})$
 x
 Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v,REF}$ kWh/ano
 ÷
 Área útil de pavimento A_p m²
 =
 Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento N_v kWh/m².ano

Folha de Cálculo G

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

G.7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil N_{uc} kWh/m².ano	f_i	δ	Eficiência Nominal η_i	Factor de Conversão F_{pu} kWh _{EP} /kWh	Necessidades de Energia Final $f_i \cdot \delta \cdot N_{uc} / \eta_i \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta \cdot N_{uc} \cdot F_{pu} / \eta_i$ kWh _{EP} /m².ano	SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil N_i kWh/m².ano	f_i	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{i \text{ REF}}$	Factor de Conversão F_{pu} kWh _{EP} /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot N_i \cdot F_{pu} / \eta_i$ kWh _{EP} /m².ano	
		88.99	- - - - - - - - -	1	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -			46.30	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	
Sistema por defeito	Electricidade		1.00		1	2.5	48450.45	222.47	Sistema por defeito	Electricidade		1.00	1	2.5	115.75	
TOTAL							48450.45	222.47	TOTAL							115.75

G2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

G.8 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil N_{uc} kWh/m².ano	f_v	δ	Eficiência Nominal η_v	Factor de Conversão F_{pov} kWh _{EP} /kWh	Necessidades de Energia Final $f_v \cdot \delta \cdot N_{uc} / \eta_v \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot \delta \cdot N_{uc} \cdot F_{pov} / \eta_v$ kWh _{EP} /m².ano	SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil N_v kWh/m².ano	f_v	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{v,REF}$	Factor de Conversão F_{pov} kWh _{EP} /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot N_v \cdot F_{pov} / \eta_v$ kWh _{EP} /m².ano	
		13.10	- - - - - - - - - - -	1	- - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - -			8.54	- - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - -	
Sistema por defeito	Electricidade		1.00		3	2.5	2377.08	10.91	Sistema por defeito	Electricidade		1.00	3	2.5	7.11	
TOTAL							2377.08	10.91	TOTAL							7.11

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS

G.9 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS DE REFERÊNCIA

CONSUMO DE AQS				Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS				CONSUMO DE AQS DE REFERÊNCIA				Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS			
consumo médio diário de referência M_{AQS} <div><div></div><div>680</div><div>l</div></div>				consumo médio diário de referência M_{AQS} <div><div></div><div>680</div><div>l</div></div>				consumo médio diário de referência M_{AQS} <div><div></div><div>680</div><div>l</div></div>				consumo médio diário de referência M_{AQS} <div><div></div><div>680</div><div>l</div></div>			
nº convencional de ocupantes de cada fracção n <div><div></div><div>40</div><div>x</div></div> <div><div></div><div>17</div><div>ocupantes</div></div>				nº convencional de ocupantes de cada fracção n <div><div></div><div>40</div><div>x</div></div> <div><div></div><div>17</div><div>ocupantes</div></div>				nº convencional de ocupantes de cada fracção n <div><div></div><div>40</div><div>x</div></div> <div><div></div><div>17</div><div>ocupantes</div></div>				nº convencional de ocupantes de cada fracção n <div><div></div><div>40</div><div>x</div></div> <div><div></div><div>17</div><div>ocupantes</div></div>			
factor de eficiência hídrica <div><div></div><div>x</div><div></div></div> <div><div></div><div>1</div><div></div></div>				factor de eficiência hídrica <div><div></div><div>x</div><div></div></div> <div><div></div><div>1</div><div></div></div>				factor de eficiência hídrica <div><div></div><div>x</div><div></div></div> <div><div></div><div>1</div><div></div></div>				factor de eficiência hídrica <div><div></div><div>x</div><div></div></div> <div><div></div><div>1</div><div></div></div>			
sumo médio diário de referência MAQS <div><div></div><div>=</div><div></div></div> <div><div></div><div>680</div><div>l</div></div>				sumo médio diário de referência MAQS <div><div></div><div>=</div><div></div></div> <div><div></div><div>680</div><div>l</div></div>				sumo médio diário de referência MAQS <div><div></div><div>=</div><div></div></div> <div><div></div><div>680</div><div>l</div></div>				sumo médio diário de referência MAQS <div><div></div><div>=</div><div></div></div> <div><div></div><div>680</div><div>l</div></div>			
aumento de temperatura ΔT <div><div></div><div>x</div><div></div></div> <div><div></div><div>35</div><div>°C</div></div>				aumento de temperatura ΔT <div><div></div><div>x</div><div></div></div> <div><div></div><div>35</div><div>°C</div></div>				aumento de temperatura ΔT <div><div></div><div>x</div><div></div></div> <div><div></div><div>35</div><div>°C</div></div>				aumento de temperatura ΔT <div><div></div><div>x</div><div></div></div> <div><div></div><div>35</div><div>°C</div></div>			
nº de dias de consumo <div><div></div><div>=</div><div></div></div> <div><div></div><div>365</div><div>dias</div></div>				nº de dias de consumo <div><div></div><div>=</div><div></div></div> <div><div></div><div>365</div><div>dias</div></div>				nº de dias de consumo <div><div></div><div>=</div><div></div></div> <div><div></div><div>365</div><div>dias</div></div>				nº de dias de consumo <div><div></div><div>=</div><div></div></div> <div><div></div><div>365</div><div>dias</div></div>			
3600000 <div><div></div><div>÷</div><div></div></div> <div><div></div><div>3600000</div><div></div></div>				3600000 <div><div></div><div>÷</div><div></div></div> <div><div></div><div>3600000</div><div></div></div>				3600000 <div><div></div><div>÷</div><div></div></div> <div><div></div><div>3600000</div><div></div></div>				3600000 <div><div></div><div>÷</div><div></div></div> <div><div></div><div>3600000</div><div></div></div>			
Ap <div><div></div><div>÷</div><div></div></div> <div><div></div><div>544.47</div><div>m²</div></div>				Ap <div><div></div><div>÷</div><div></div></div> <div><div></div><div>544.47</div><div>m²</div></div>				Ap <div><div></div><div>÷</div><div></div></div> <div><div></div><div>544.47</div><div>m²</div></div>				Ap <div><div></div><div>÷</div><div></div></div> <div><div></div><div>544.47</div><div>m²</div></div>			
Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS Q_u/A_p <div><div></div><div>=</div><div></div></div> <div><div></div><div>18.56</div><div>kWh/m².ano</div></div>				Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS Q_u/A_p <div><div></div><div>=</div><div></div></div> <div><div></div><div>18.56</div><div>kWh/m².ano</div></div>				Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS Q_u/A_p <div><div></div><div>=</div><div></div></div> <div><div></div><div>18.56</div><div>kWh/m².ano</div></div>				Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS Q_u/A_p <div><div></div><div>=</div><div></div></div> <div><div></div><div>18.56</div><div>kWh/m².ano</div></div>			
SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil Q_u/A_p kWh/m².ano	f_a	δ	Eficiência Nominal η_a	Factor de Conversão F_{pu} kWh _{EP} /kWh	Necessidades de Energia Final $f_a \cdot Q_u / \eta_a$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_a \cdot Q_u / A_p \cdot F_{pu} / \eta_a$ kWh _{EP} /m².ano	SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil de Referência Q_u/A_p kWh/m².ano	f_a	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{a,REF}$	Factor de Conversão F_{pu} kWh _{EP} /kWh	Limite das Necessidades de Energia primária $f_a \cdot Q_u / A_p \cdot F_{pu} / \eta_a$ kWh _{EP} /m².ano
		18.56	-	1	-	-	-	-			18.56	-	-	-	-
			-		-	-	-	-				-	-	-	-
			-		-	-	-	-				-	-	-	-
			-		-	-	-	-				-	-	-	-
			-		-	-	-	-				-	-	-	-
			-		-	-	-	-				-	-	-	-

Sistema por defeito	Electricidade	-	-	-	-	-	-	Sistema por defeito	Electricidade	-	-	-	-	-	-
		1.00	0.86	2.5	11816.92	54.26				1.00	0.95	2.5		48.83	
TOTAL							11816.92	54.26	TOTAL						

G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA

Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica W_{em} kWh/ano
 \div
 Área útil de Pavimento A_p m²
 \times
 Factor de Conversão F_{pv} kWh₁₂/kWh
 $=$
 Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação kWh₁₂/m².ano

G.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL

SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	E_{ren}/A_p kWh/m ² .ano	Factor de Conversão F_{pv} kWh ₁₂ /kWh	Energia primária $E_{ren} \cdot F_{pv}$ kWh ₁₂ /m ² .ano
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	Biomassa	0.00	1	0.00
TOTAL				0.00

G.6 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

Energia primária para aquecimento kWh₁₂/m².ano
 $+$
 Energia primária para arrefecimento kWh₁₂/m².ano
 $+$
 Energia primária para a preparação de AQS kWh₁₂/m².ano
 $+$
 Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica kWh₁₂/m².ano
 $-$
 Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável kWh₁₂/m².ano
 $=$
 Necessidades nominais anuais globais de energia primária N_{12} kWh₁₂/m².ano

G.10 LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

Energia primária para aquecimento kWh₁₂/m².ano
 $+$
 Energia primária para arrefecimento kWh₁₂/m².ano
 $+$
 Energia primária para a preparação de AQS kWh₁₂/m².ano
 $=$
 Limite das necessidades nominais anuais globais de energia primária N_1 kWh₁₂/m².ano

Anexo E: Relatório do Desempenho Energético para o Edifício com os Vãos Envidraçados Reparados

FICHA N.º 2
REGULAMENTO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO
DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO (REH)
 (nos termos da alínea d) do n.º 1.2)

Câmara Municipal de Aveiro

Edifício

Empreendimento: _____ Nº de fracções _____

Morada: _____

Freguesia: UNIÃO DAS FREGUESIAS DE GLÓRIA E VERA CRUZ Concelho: Aveiro

Construção conforme projeto:

☐ Sim ☐ Sim, de acordo com alterações promovidas em obra
 (a preencher com base na informação da versão final do projeto de comportamento térmico)

Caracterização:

Fração	Área interior útil de pavimento (m ²)	Pé direito médio ponderado (m)	Tipologia	Pré-certificado n.º
-	544.47	4.33	T16	

Resumo de cálculo:

Fração	Tx. ren. (RPH)	Nic (kWh/(m ² .ano))	Ni (kWh/(m ² .ano))	Nvc (kWh/(m ² .ano))	Nv (kWh/(m ² .ano))	Qa (kWh/ano)	Ntc (kWh _{EP} /(m ² .ano))	Nt (kWh _{EP} /(m ² .ano))	E _{ren,p} (kWh/ano)(*)	E _{ren,ext} (kWh/ano)(*)
-	0.17	76.93	46.30	15.54	8.54	10103	259.54	171.69	0	0

(*) correspondente à totalidade das formas de energias renováveis, destinadas a suprir necessidades relativas aos usos de aquecimento, arrefecimento, preparação de AQS e ventilação.

(**) correspondente à energia renovável que é exportada do edifício e/ou consumida em outros usos não incluídos em E_{ren,p}.

Técnico responsável pelo projeto de comportamento térmico

Nome: _____

Inscrita na: _____ Número de inscrição: _____

Diretor de fiscalização de obra (se aplicável)

Nome: _____

Inscrita na: _____ Número de inscrição: _____

Diretor técnico de obra

Nome: _____

Inscrita na: _____ Número de inscrição: _____

Assinatura _____

PAVIMENTOS EM CONTACTO COM O EXTERIOR	Área A m ²	U W/m ² ·°C	U.A W/°C	PAVIMENTOS EM CONTACTO COM O EXTERIOR	Área A m ²	U W/m ² ·°C	U.A W/°C
---------------------------------------	--------------------------	---------------------------	-------------	---------------------------------------	--------------------------	---------------------------	-------------

COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR	Área A m²	U _{ascendente} W/m².°C	U.A W/°C	COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR	Área A m²	U _{ascendente} W/m².°C	U.A W/°C
CBE1	80.56	2.24	180.45	CBE1	80.56	0.40	32.22
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
TOTAL			180.45			TOTAL	32.22

VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES		Área A m²	U W/m².°C	U.A W/°C	VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES		Área A m²	U W/m².°C	U.A W/°C
1 (VE1)	2.73	3.79	10.35	1 (VE1)	2.62	2.80	7.33		
2 (VE1)	2.73	3.79	10.35	2 (VE1)	2.62	2.80	7.33		
3 (VE1)	2.67	3.79	10.12	3 (VE1)	2.56	2.80	7.17		
4 (VE1)	2.67	3.79	10.12	4 (VE1)	2.56	2.80	7.17		
5 (VE1)	2.73	3.79	10.35	5 (VE1)	2.62	2.80	7.33		
6 (VE1)	2.73	3.79	10.35	6 (VE1)	2.62	2.80	7.33		
7 (VE1)	2.84	3.79	10.76	7 (VE1)	2.72	2.80	7.62		
8 (VE1)	3.99	3.79	15.14	8 (VE1)	3.83	2.80	10.73		
9 (VE1)	2.37	3.79	9.00	9 (VE1)	2.28	2.80	6.38		

[illegible]

[illegible]

Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior H_{ext} 711.60 W/°C

A.7 - ENVOLVENTE INTERIOR

[illegible]

[illegible]

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{ext REF}$	711.60	W/C
	+	
Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{int REF} + H_{adj REF}$	190.57	W/C
	+	
Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{ecs REF}$	115.95	W/C
	=	

Coefficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr} 2 178.45 W/°C

A.5 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H_{ext} 1 250.56 W/°C

+

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior H_{enu} 497.62 W/°C

+

Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H_{ecs} 90.33 W/°C

=

Coefficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr} 1 838.50 W/°C

Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr REF}$ 1018.11 W/°C

A.10 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{ext REF}$ 711.60 W/°C

+

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{enu REF}$ 69.16 W/°C

+

Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{ecs REF}$ 115.95 W/°C

=

Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr REF}$ 896.70 W/°C

Folha de Cálculo B

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA

B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

B.3 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

$$\begin{aligned}
 &1 \\
 &- \\
 \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC,i} &= 0 \\
 &\times \\
 \text{Caudal médio diário insuflado } V_{ins} &= 0 \text{ m}^3/\text{h} \\
 &\div \\
 R_{ph,i} \cdot A_p \cdot P_d &= 942.30 \text{ m}^3/\text{h} \\
 &= \\
 \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,e} &= 1.00 \\
 &\times \\
 &0.34 \\
 &\times \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{ph,i} &= 0.40 \text{ h}^{-1} \\
 &\times \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p &= 544.47 \text{ m}^2 \\
 &\times \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d &= 4.33 \text{ m} \\
 &= \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,i} &= 320.38 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &0.34 \\
 &\times \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{ph,i \text{ REF}} &= 0.40 \text{ h}^{-1} \\
 &\times \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p &= 544.47 \text{ m}^2 \\
 &\times \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d &= 4.33 \text{ m} \\
 &= \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,i \text{ REF}} &= 320.38 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

B.2 - ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned}
 &1 \\
 &- \\
 \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC,v} &= 0 \\
 &\times \\
 \text{Caudal médio diário insuflado } V_{ins} &= 0 \text{ m}^3/\text{h} \\
 &\div \\
 R_{ph,v} \cdot A_p \cdot P_d &= 1413.46 \text{ m}^3/\text{h} \\
 &= \\
 \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,e} &= 1.00 \\
 &\times \\
 &0.34 \\
 &\times \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento } R_{ph,v} &= 0.60 \text{ h}^{-1} \\
 &\times \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p &= 544.47 \text{ m}^2 \\
 &\times \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d &= 4.33 \text{ m} \\
 &= \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,v} &= 480.57 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$



Folha de Cálculo C

GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

C.1 - GANHOS INTERNOS

$$\begin{aligned} & 0.72 \\ & \times \\ & \text{Ganhos internos médios } q_{\text{int}} \boxed{4} \text{ W/m}^2 \\ & \times \\ & \text{Duração da estação de aquecimento } M \boxed{6.21} \text{ meses} \\ & \times \\ & \text{Área útil de pavimento } A_p \boxed{544.47} \text{ m}^2 \\ & = \\ & \text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int},i} \boxed{9740.87} \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

C.2 - GANHOS SOLARES

Designação do envidraçado	Orientação	Factor Solar Inverno g_i	Área A_w m^2	Factor de Obstrução $F_{s,i}=F_{h,i}\cdot F_{o,i}\cdot F_{f,i}$	Fracção Envidraçada F_g	Área efectiva colectora $A_{s,i}=A_w\cdot F_{s,i}\cdot F_g\cdot g_i$ m^2	Factor de Orientação X	Área Efectiva colectora a Sul $X\cdot A_{s,i}$ m^2
1 (VE1)	Oeste	0.79	2.73	1.00	0.57	1.23	0.56	0.69
2 (VE1)	Oeste	0.79	2.73	1.00	0.57	1.23	0.56	0.69
3 (VE1)	Oeste	0.79	2.67	0.88	0.57	1.05	0.56	0.59
4 (VE1)	Oeste	0.79	2.67	0.88	0.57	1.05	0.56	0.59
5 (VE1)	Oeste	0.79	2.73	1.00	0.57	1.23	0.56	0.69
6 (VE1)	Oeste	0.79	2.73	1.00	0.57	1.23	0.56	0.69
7 (VE1)	Este	0.79	2.84	1.00	0.57	1.28	0.56	0.72
8 (VE1)	Este	0.79	3.99	1.00	0.57	1.80	0.56	1.01
9 (VE1)	Sul	0.70	2.37	1.00	0.57	0.95	1.00	0.95
10 (VE1)	Sul	0.70	2.37	1.00	0.57	0.95	1.00	0.95
11 (VE1)	Sul	0.70	2.37	1.00	0.57	0.95	1.00	0.95
12 (VE1)	Sul	0.70	3.57	1.00	0.57	1.43	1.00	1.43
13 (VE1)	Este	0.79	1.65	1.00	0.57	0.74	0.56	0.42
14 (VE1)	Oeste	0.79	2.50	1.00	0.57	1.12	0.56	0.63
15 (VE1)	Oeste	0.79	2.50	1.00	0.57	1.12	0.56	0.63
16 (VE1)	Oeste	0.79	3.27	1.00	0.57	1.47	0.56	0.82
17 (VE1)	Oeste	0.79	3.27	1.00	0.57	1.47	0.56	0.82
18 (VE1)	Oeste	0.79	3.86	1.00	0.57	1.74	0.56	0.97
19 (VE1)	Oeste	0.79	2.50	1.00	0.57	1.12	0.56	0.63
20 (VE1)	Oeste	0.79	2.50	1.00	0.57	1.12	0.56	0.63
21 (VE1)	Oeste	0.79	3.67	1.00	0.57	1.65	0.56	0.93
22 (VE1)	Oeste	0.79	3.67	1.00	0.57	1.65	0.56	0.93
23 (VE1)	Sul	0.70	3.67	1.00	0.57	1.47	1.00	1.47
24 (VE1)	Sul	0.70	3.67	1.00	0.57	1.47	1.00	1.47
25 (VE1)	Sul	0.70	3.67	1.00	0.57	1.47	1.00	1.47
26 (VE1)	Sul	0.70	3.67	1.00	0.57	1.47	1.00	1.47
27 (VE1)	Este	0.79	3.65	1.00	0.57	1.64	0.56	0.92
28 (VE1)	Oeste	0.79	2.30	1.00	0.57	1.04	0.56	0.58
29 (VE1)	Oeste	0.79	2.30	1.00	0.57	1.04	0.56	0.58
30 (VE1)	Oeste	0.79	2.30	1.00	0.57	1.04	0.56	0.58
31 (VE1)	Oeste	0.79	2.30	1.00	0.57	1.04	0.56	0.58
32 (VE1)	Este	0.79	2.30	1.00	0.57	1.04	0.56	0.58
33 (VE1)	Este	0.79	2.30	1.00	0.57	1.04	0.56	0.58
34 (VE1)	Este	0.79	2.48	1.00	0.57	1.12	0.56	0.63
35 (VE1)	Este	0.79	2.48	1.00	0.57	1.12	0.56	0.63

[illegible]

Em nenhum caso o produto $X_j \cdot F_h \cdot F_o \cdot F_f$ deve ser menor que 0.27;

Para contabilizar o efeito do contorno do vão o produto $F_o \cdot F_f$ deve ser inferior ou igual a 0,9, excepto nos casos em que o vão envidraçado esteja à face exterior da parede.

[illegible]

No cálculo de $g_{i,int}$ e $g_{i,ENU}$ não deverão ser considerados os dispositivos de protecção solar móveis devendo considerar-se apenas dispositivos permanentes; caso não existam quaisquer dispositivos de sombreamento, g_i será igual ao factor solar do vidro para uma incidência solar normal $g_{\perp,vi}$, afectado do factor de seletividade angular $F_{w,i}$.

Área efectiva total equivalente na orientación a Sul 30.43 m²

	x
Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul G_{sul}	140 kWh/m ² .mês

Duração da estação de aquecimento M

x
6.21

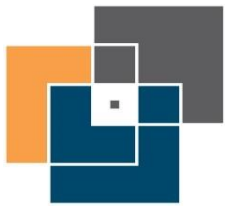
 meses

Ganhos solares brutos $Q_{sol,i}$	26465.56	kWh/ano
-----------------------------------	----------	---------

C.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

Ganhos internos brutos $Q_{\text{int},i}$	9740.87	kWh/ano
---	---------	---------

Ganhos solares brutos $Q_{sol,i}$ 26465.56 kWh/ano



Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$ kWh/ano

C.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul G_{sul} kWh/m².mês

x

0.182

x

0.2

x

Área útil de pavimento A_p m²

x

Duração da estação de aquecimento M meses

=

Ganhos solares brutos $Q_{sol,i}$ kWh/ano

+

Ganhos internos brutos $Q_{int,i}$ kWh/ano

=

Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$ kWh/ano

GANHOS TÉRMICOS BRUTOS NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

Ganhos internos médios Q_{int}	4	W/m ²
Duração da estação de arrefecimento L_v	2928	horas
Área útil de pavimento A_p	544.47	m ²
	÷	
	1000	
	=	
Ganhos internos brutos $Q_{int,y}$	6376.83	kWh/ano

VÃOS ENVIDRACADOS

[illegible]

Admita-se que os elementos opacos do ENU não causam sombreamento ao vão interior, pelo que na ausência de outros sombreamentos o factor de obstrução dos vãos interiores F_{oi} é igual a 1;

ENVOLVENTE EXTERIOR OPACA

PAREDE EXTERIOR		Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A_{op}	U	R_{se}	Área efectiva $A_{e}=\alpha.U.A_{op}.R_{se}$	Factor de Obstrução $F_o=F_{b1}.F_{b2}.F_{b3}$	Intensidade da Radiação I_{sol}	$I_{sol}.F_o.A_e$
				m ²	W/m ² .°C	(m ² .°C)/W	m ²		kWh/m ² .ano	kWh/ano
PDE1	Norte	0.40	60.42	0.99		0.96	1.00	220.00	210.56	
PDE1	Sul	0.40	47.30	0.99		0.75	1.00	420.00	314.70	
PDE1	Este	0.40	115.02	0.99		1.82	1.00	490.00	892.77	

[illegible]

168.13

D.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

D.5 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

Ganhos internos médios q_{int}	4	W/m^2
	\times	
Duração da Estação de Arrefecimento L_v	2928	horas
	\div	
	1000	
	$+$	
factor solar de verão de referência $g_{v, REF}$	0.43	
	\times	
A_w/A_p	0.2	
	\times	
Radiação solar média de referência $I_{sol, REF}$	490	$kWh/m^2 \cdot ano$
	$=$	
	53.85	$kWh/m^2 \cdot ano$
	\times	
Área útil de Pavimento A_p	544.47	m^2
	$=$	
Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{Q, REF}$	29320.80	kWh/ano

Folha de Cálculo E

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned} \text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} &= 2\,178.45 \text{ W/}^{\circ}\text{C} \\ &+ \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} &= 320.38 \text{ W/}^{\circ}\text{C} \\ &= \\ \text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i} &= 2\,498.84 \text{ W/}^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned} &0.024 \\ &\times \\ \text{Número de graus-dias de aquecimento } GD &= 1\,289 \text{ }^{\circ}\text{C.dias} \\ &\times \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} &= 2\,178.45 \text{ W/}^{\circ}\text{C} \\ &= \\ \text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i} &= 67\,371.68 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned} &0.024 \\ &\times \\ \text{Número de graus-dias de aquecimento } GD &= 1\,289 \text{ }^{\circ}\text{C.dias} \\ &\times \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} &= 320.38 \text{ W/}^{\circ}\text{C} \\ &= \\ \text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i} &= 9\,908.30 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned} \text{Inércia do edifício} &= \text{Forte} \\ \text{Ganhos térmicos brutos } Q_{B,i} &= 36\,206.44 \text{ kWh/ano} \\ &\div \\ \text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar } Q_{tr,i} + Q_{ve,i} &= 77\,279.98 \text{ kWh/ano} \\ &= \\ \text{parâmetro } \gamma_i &= 0.47 \\ \text{parâmetro } a_i &= 4.20 \text{ W/}^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} \text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} &= 1\,018.11 \text{ W/}^{\circ}\text{C} \\ &+ \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} &= 320.38 \text{ W/}^{\circ}\text{C} \\ &= \\ \text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i,REF} &= 1\,338.49 \text{ W/}^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} &0.024 \\ &\times \\ \text{Número de graus-dias de aquecimento } GD &= 1\,289 \text{ }^{\circ}\text{C.dias} \\ &\times \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} &= 1\,018.11 \text{ W/}^{\circ}\text{C} \\ &= \\ \text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i,REF} &= 31\,486.44 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} &0.024 \\ &\times \\ \text{Número de graus-dias de aquecimento } GD &= 1\,289 \text{ }^{\circ}\text{C.dias} \\ &\times \\ \text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} &= 320.38 \text{ W/}^{\circ}\text{C} \\ &= \\ \text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i,REF} &= 9\,908.30 \text{ kWh/ano} \end{aligned}$$

E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &\text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_i \quad 0.98 \\
 &\quad \times \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,i} \quad 36206.44 \text{ kWh/ano} \\
 &\quad = \\
 &\text{Ganhos totais úteis } Q_{gu,i} \quad 35393.97 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_{i \text{ REF}} \quad 0.6 \\
 &\quad \times \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,i \text{ REF}} \quad 26976.81 \text{ kWh/ano} \\
 &\quad = \\
 &\text{Ganhos totais úteis } Q_{gu,i \text{ REF}} \quad 16186.08 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

$$\begin{aligned}
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i} \quad 67371.68 \text{ kWh/ano} \\
 &\quad + \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i} \quad 9908.30 \text{ kWh/ano} \\
 &\quad - \\
 &\text{Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento } Q_{gu,i} \quad 35393.97 \text{ kWh/ano} \\
 &\quad \text{(folha de cálculo 1.4)} \\
 &\quad = \\
 &\text{Necessidades Anuais na estação de aquecimento} \quad 41886.01 \text{ kWh/ano} \\
 &\quad \div \\
 &\text{Área útil de pavimento } A_p \quad 544.47 \text{ m}^2 \\
 &\quad = \\
 &\text{Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento } N_{ic} \quad 76.93 \text{ kWh/m}^2.\text{ano}
 \end{aligned}$$

E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

$$\begin{aligned}
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i \text{ REF}} \quad 31486.44 \text{ kWh/ano} \\
 &\quad + \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i \text{ REF}} \quad 9908.30 \text{ kWh/ano} \\
 &\quad - \\
 &\text{Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento } Q_{gu,i \text{ REF}} \quad 16186.08 \text{ kWh/ano} \\
 &\quad = \\
 &\text{Necessidades Anuais na estação de aquecimento} \quad 25208.66 \text{ kWh/ano} \\
 &\quad \div \\
 &\text{Área útil de pavimento } A_p \quad 544.47 \text{ m}^2 \\
 &\quad = \\
 &\text{Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento } N_{il} \quad 46.30 \text{ kWh/m}^2.\text{ano}
 \end{aligned}$$

Folha de Cálculo F

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 1\,838.50 \quad \text{W/}^{\circ}\text{C} \\ &+ \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,v} \quad 480.57 \quad \text{W/}^{\circ}\text{C} \\ &= \\ &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,v} \quad 2\,319.08 \quad \text{W/}^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 1\,838.50 \quad \text{W/}^{\circ}\text{C} \\ &\quad \times \\ &(\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 4 \quad ^{\circ}\text{C} \\ &\quad \times \\ &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \quad \text{horas} \\ &\quad \div \\ &1000 \\ &= \\ &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento } Q_{tr,v} \quad 23\,212.06 \quad \text{kWh/ano} \end{aligned}$$

F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned} &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,v} \quad 480.57 \quad \text{W/}^{\circ}\text{C} \\ &\quad \times \\ &(\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 4 \quad ^{\circ}\text{C} \\ &\quad \times \\ &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \quad \text{horas} \\ &\quad \div \\ &1000 \\ &= \\ &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento } Q_{ve,v} \quad 6\,067.52 \quad \text{kWh/ano} \end{aligned}$$

F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

F.6 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned} &\text{Inércia do edifício} \quad \text{Forte} \\ & \\ &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,v} \quad 33613.82 \quad \text{kWh/ano} \\ &\quad \div \end{aligned}$$

Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{tr,v} + Q_{re,v}$ kWh/ano

=

parâmetro γ_v

parâmetro av W/°C

Factor de utilização dos ganhos η_v

Factor de utilização dos ganhos η_v

F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$(1 - \eta_v)$

x

Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v}$ kWh/ano

÷

Área útil de pavimento A_p m²

=

Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento N_{vc} kWh/m².ano

F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$(1 - \eta_{v,REF})$

x

Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v,REF}$ kWh/ano

÷

Área útil de pavimento A_p m²

=

Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento N_v kWh/m².ano

LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

G.7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA

G2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO									G. 8 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA							
SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil N_{ue} kWh/m².ano	f_v	δ	Eficiência Nominal η_v	Factor de Conversão F_{pov} kWh _{EP} /kWh	Necessidades de Energia Final $f_v \cdot \delta \cdot N_{ue} / \eta_v \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot \delta \cdot N_{ue} \cdot F_{pov} / \eta_v$ kWh _{EP} /m².ano	SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil N_{ue} kWh/m².ano	f_v	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{v,ref}$	Factor de Conversão F_{pov} kWh _{EP} /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot N_{ue} \cdot F_{pov} / \eta_v$ kWh _{EP} /m².ano	
		15.54	- - - - - - - -	1	- - - - - - - -	- - - - - - - -	- - - - - - - -	- - - - - - - -			8.54	- - - - - -	- - - - - -	- - - - - -	- - - - - -	- - - - - -
Sistema por defeito	Electricidade		1.00		3	2.5	2820.69	12.95	Sistema por defeito	Electricidade		1.00	3	2.5	7.11	
TOTAL							2820.69	12.95	TOTAL							7.11

G.9 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AOS DE REFERÊNCIA

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AOS

consumo médio diário de referência M_{AOS}	680
--	-----

\bar{I}_{AQ5} 680
 \times
 4187
 \times
 aumento de temperatura ΔT 35 $^{\circ}\text{C}$
 \times
 nº de dias de consumo 365 dias

Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS Q_{o/A_o} 18.56 kWh/m².ano

SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil \dot{Q}_0/A_0	f_a	δ	Eficiência Nominal η_L	Fator de Conversão F_{pu0}	Necessidades de Energia Final $f \cdot \delta \cdot Q_0/\eta_L$	Necessidades de Energia primária $f \cdot \delta \cdot Q_0/A_0 \cdot F_{pu0}/\eta_L$	SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Util de Referência \dot{Q}_0/A_0	f_a	Eficiência Nominal de Referência η_{LREF}	Fator de Conversão F_{pu0}	Limite das Necessidades de Energia primária $f \cdot \delta \cdot Q_0/A_0 \cdot F_{pu0}/\eta_L$
		kWh/m².ano	-		-	kWh _{eq} /kWh	kWh/ano	kWh/m².ano			kWh/m².ano	-	-	kWh _{eq} /kWh	kWh _{eq} /m².ano
		18.56	-	1	-	-	-	-			18.56	-	-	-	-
			-		-	-	-	-				-	-	-	-
			-		-	-	-	-				-	-	-	-
			-		-	-	-	-				-	-	-	-
			-		-	-	-	-				-	-	-	-

Sistema por defeito	Electricidade	-	-	-	-	-	-	Sistema por defeito	Electricidade	-	-	-	-	-	-
		1.00	0.86	2.5	11816.92	54.26				1.00	0.95	2.5		48.83	
TOTAL							11816.92	54.26	TOTAL						

G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA

Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica W_{em}

÷

Área útil de Pavimento A_p

x

Factor de Conversão F_{pv} kWh_{12p}/kWh

=

Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação kWh_{12p}/m².ano

G.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL

SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	E_{ren}/A_p kWh/m ² .ano	Factor de Conversão F_{pv} kWh _{12p} /kWh	Energia primária $E_{ren} \cdot F_{pv}$ kWh _{12p} /m ² .ano
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	Biomassa	0.00	1	0.00
TOTAL				0.00

G.6 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

Energia primária para aquecimento kWh_{12p}/m².ano

+

Energia primária para arrefecimento kWh_{12p}/m².ano

+

Energia primária para a preparação de AQS kWh_{12p}/m².ano

+

Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica kWh_{12p}/m².ano

-

Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável

=

Necessidades nominais anuais globais de energia primária N_{ic} kWh_{12p}/m².ano

G.10 LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

Energia primária para aquecimento kWh_{12p}/m².ano

+

Energia primária para arrefecimento kWh_{12p}/m².ano

+

Energia primária para a preparação de AQS kWh_{12p}/m².ano

=

Limite das necessidades nominais anuais globais de energia primária N_l kWh_{12p}/m².ano

Anexo F: Relatório do Desempenho Energético para o Edifício com os Vãos Envidraçados de Substituição

FICHA N.º 2
REGULAMENTO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO
DOS EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO (REH)
 (nos termos da alínea d) do n.º 1.2)

Câmara Municipal de Aveiro

Edifício

Empreendimento: _____ Nº de fracções _____

Morada: _____

Freguesia: UNIÃO DAS FREGUESIAS DE GLÓRIA E VERA CRUZ Concelho: Aveiro

Construção conforme projeto:

☐ Sim ☐ Sim, de acordo com alterações promovidas em obra
 (a preencher com base na informação da versão final do projeto de comportamento térmico)

Caracterização:

Fração	Área interior útil de pavimento (m ²)	Pé direito médio ponderado (m)	Tipologia	Pré-certificado n.º
-	544.47	4.33	T16	

Resumo de cálculo:

Fração	Tx. ren. (RPH)	Nic (kWh/(m ² .ano))	Ni (kWh/(m ² .ano))	Nvc (kWh/(m ² .ano))	Nv (kWh/(m ² .ano))	Qa (kWh/ano)	Ntc (kWh _{EP} /(m ² .ano))	Nt (kWh _{EP} /(m ² .ano))	E _{ren,p} (kWh/ano)(*)	E _{ren,ext} (kWh/ano)(*)
-	0.17	83.84	46.30	14.66	8.54	10103	276.07	171.69	0	0

(*) correspondente à totalidade das formas de energias renováveis, destinadas a suprir necessidades relativas aos usos de aquecimento, arrefecimento, preparação de AQS e ventilação.

(**) correspondente à energia renovável que é exportada do edifício e/ou consumida em outros usos não incluídos em E_{ren,p}.

Técnico responsável pelo projeto de comportamento térmico

Nome: _____

Inscrita na: _____ Número de inscrição: _____

Diretor de fiscalização de obra (se aplicável)

Nome: _____

Inscrita na: _____ Número de inscrição: _____

Diretor técnico de obra

Nome: _____

Inscrita na: _____ Número de inscrição: _____

Assinatura _____

PAVIMENTOS EM CONTACTO COM O EXTERIOR	Área A m ²	U W/m ² .°C	U.A W/°C	PAVIMENTOS EM CONTACTO COM O EXTERIOR	Área A m ²	U W/m ² .°C	U.A W/°C
---------------------------------------	--------------------------	---------------------------	-------------	---------------------------------------	--------------------------	---------------------------	-------------

COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR	Área A m²	U _{ascendente} W/m².°C	U.A W/°C	COBERTURAS EM CONTACTO COM O EXTERIOR	Área A m²	U _{ascendente} W/m².°C	U.A W/°C
CBE1	80.56	2.24	180.45	CBE1	80.56	0.40	32.22
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
	-	-	-		-	-	-
TOTAL			180.45			TOTAL	32.22

VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES		Área A m²	U W/m².°C	U.A W/°C	VÃOS ENVIDRAÇADOS EXTERIORES		Área A m²	U W/m².°C	U.A W/°C
1 (VE1)	2.73	1.62	4.42		1 (VE1)	2.62	2.80	7.33	
2 (VE1)	2.73	1.62	4.42		2 (VE1)	2.62	2.80	7.33	
3 (VE1)	2.67	1.62	4.33		3 (VE1)	2.56	2.80	7.17	
4 (VE1)	2.67	1.62	4.33		4 (VE1)	2.56	2.80	7.17	
5 (VE1)	2.73	1.62	4.42		5 (VE1)	2.62	2.80	7.33	
6 (VE1)	2.73	1.62	4.42		6 (VE1)	2.62	2.80	7.33	
7 (VE1)	2.84	1.62	4.60		7 (VE1)	2.72	2.80	7.62	
8 (VE1)	3.99	1.62	6.47		8 (VE1)	3.83	2.80	10.73	
9 (VE1)	2.37	1.62	3.85		9 (VE1)	2.28	2.80	6.38	

[illegible]

[illegible]

Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente exterior H_{ext} 711.60 W/°C

A.7 - ENVOLVENTE INTERIOR

[illegible]

[illegible]

Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior H_{int}	837.57	W/°C	Coeficiente de transferência de calor por transmissão pela envolvente interior H_{int}	190.57	W/°C
--	--------	------	--	--------	------

PAVIMENTOS TÉRREOS	Área	U_f	$A \cdot U_f$	PAVIMENTOS TÉRREOS	Área	U_f	$A \cdot U_f$
--------------------	------	-------	---------------	--------------------	------	-------	---------------

Coefficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo H_{RES}	90.33	W/°C	Coefficiente de transferência de calor por elementos em contacto com o solo $H_{RES REF}$	115.95	W/°C
---	-------	------	---	--------	------

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H_{ext}	1 004.17	W/°C	Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{ext REF}$	711.60	W/°C
	+			+	
Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{enu} + H_{adj}$	837.57	W/°C	Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{enu REF} + H_{adj REF}$	190.57	W/°C
	+			+	
Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H_{ec}	90.33	W/°C	Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{ec REF}$	115.95	W/°C
	=			=	

Coefficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr} 1 932.07 W/°C

A.5 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior H_{ext} 1 004.17 W/°C

+

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior H_{enu} 497.62 W/°C

+

Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo H_{ecs} 90.33 W/°C

=

Coefficiente de transferência de calor por transmissão H_{tr} 1 592.11 W/°C

Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr REF}$ 1018.11 W/°C

A.10 - COEFICIENTE DE TRANSF. DE CALOR POR TRANSMISSÃO NA EST. ARREFECIMENTO

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente exterior $H_{ext REF}$ 711.60 W/°C

+

Coefficiente de transferência de calor através da envolvente interior $H_{enu REF}$ 69.16 W/°C

+

Coefficiente de transferência de calor através de elementos em contacto com o solo $H_{ecs REF}$ 115.95 W/°C

=

Coefficiente de transferência de calor por transmissão $H_{tr REF}$ 896.70 W/°C

Folha de Cálculo B

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO

TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR VENTILAÇÃO DE REFERÊNCIA

B.1 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

B.3 - ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

$$\begin{aligned}
 &1 \\
 &- \\
 \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC,i} &= 0 \\
 &\times \\
 \text{Caudal médio diário insuflado } V_{ins} &= 0 \text{ m}^3/\text{h} \\
 &\div \\
 R_{ph,i} \cdot A_p \cdot P_d &= 942.30 \text{ m}^3/\text{h} \\
 &= \\
 \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,e} &= 1.00 \\
 &\times \\
 &0.34 \\
 &\times \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{ph,i} &= 0.40 \text{ h}^{-1} \\
 &\times \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p &= 544.47 \text{ m}^2 \\
 &\times \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d &= 4.33 \text{ m} \\
 &= \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,i} &= 320.38 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &0.34 \\
 &\times \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de aquecimento } R_{ph,i \text{ REF}} &= 0.40 \text{ h}^{-1} \\
 &\times \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p &= 544.47 \text{ m}^2 \\
 &\times \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d &= 4.33 \text{ m} \\
 &= \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,i \text{ REF}} &= 320.38 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

B.2 - ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

$$\begin{aligned}
 &1 \\
 &- \\
 \text{Rendimento do sistema de recuperação de calor } \eta_{RC,v} &= 0 \\
 &\times \\
 \text{Caudal médio diário insuflado } V_{ins} &= 0 \text{ m}^3/\text{h} \\
 &\div \\
 R_{ph,v} \cdot A_p \cdot P_d &= 1413.46 \text{ m}^3/\text{h} \\
 &= \\
 \text{factor de correcção da temperatura para sistemas de recuperação de calor } b_{ve,e} &= 1.00 \\
 &\times \\
 &0.34 \\
 &\times \\
 \text{Taxa nominal de renovação do ar interior na estação de arrefecimento } R_{ph,v} &= 0.60 \text{ h}^{-1} \\
 &\times \\
 \text{Área útil de pavimento } A_p &= 544.47 \text{ m}^2 \\
 &\times \\
 \text{Pé direito médio da fração } P_d &= 4.33 \text{ m} \\
 &= \\
 \text{Coeficiente de transferência de calor por ventilação } H_{ve,v} &= 480.57 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$



Folha de Cálculo C

GANHOS TÉRMICOS ÚTEIS NA ESTAÇÃO DE AQUECIMENTO

C.1 - GANHOS INTERNOS

$$\begin{aligned}
 & \text{Ganhos internos médios } q_{\text{int}} = \frac{0.72 \times 4}{6.21} \text{ W/m}^2 \\
 & \text{Duração da estação de aquecimento } M = 6.21 \text{ meses} \\
 & \text{Área útil de pavimento } A_p = 544.47 \text{ m}^2 \\
 & \text{Ganhos internos brutos } Q_{\text{int},i} = 9740.87 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

C.2 - GANHOS SOLARES

Designação do envidraçado	Orientação	Factor Solar Inverno g_i	Área A_w m ²	Factor de Obstrução $F_{s,i}=F_{h,i} \cdot F_{o,i} \cdot F_{f,i}$	Fracção Envidraçada F_g	Área efectiva colectora $A_{s,i}=A_w \cdot F_{s,i} \cdot F_g \cdot g_i$ m ²	Factor de Orientação X	Área Efectiva colectora a Sul $X \cdot A_{s,i}$ m ²
1 (VE1)	Oeste	0.43	2.73	1.00	0.57	0.67	0.56	0.38
2 (VE1)	Oeste	0.43	2.73	1.00	0.57	0.67	0.56	0.38
3 (VE1)	Oeste	0.43	2.67	0.88	0.57	0.58	0.56	0.32
4 (VE1)	Oeste	0.43	2.67	0.88	0.57	0.58	0.56	0.32
5 (VE1)	Oeste	0.43	2.73	1.00	0.57	0.67	0.56	0.38
6 (VE1)	Oeste	0.43	2.73	1.00	0.57	0.67	0.56	0.38
7 (VE1)	Este	0.43	2.84	1.00	0.57	0.70	0.56	0.39
8 (VE1)	Este	0.43	3.99	1.00	0.57	0.98	0.56	0.55
9 (VE1)	Sul	0.38	2.37	1.00	0.57	0.52	1.00	0.52
10 (VE1)	Sul	0.38	2.37	1.00	0.57	0.52	1.00	0.52
11 (VE1)	Sul	0.38	2.37	1.00	0.57	0.52	1.00	0.52
12 (VE1)	Sul	0.38	3.57	1.00	0.57	0.78	1.00	0.78
13 (VE1)	Este	0.43	1.65	1.00	0.57	0.41	0.56	0.23
14 (VE1)	Oeste	0.43	2.50	1.00	0.57	0.61	0.56	0.34
15 (VE1)	Oeste	0.43	2.50	1.00	0.57	0.61	0.56	0.34
16 (VE1)	Oeste	0.43	3.27	1.00	0.57	0.81	0.56	0.45
17 (VE1)	Oeste	0.43	3.27	1.00	0.57	0.81	0.56	0.45
18 (VE1)	Oeste	0.43	3.86	1.00	0.57	0.95	0.56	0.53
19 (VE1)	Oeste	0.43	2.50	1.00	0.57	0.61	0.56	0.34
20 (VE1)	Oeste	0.43	2.50	1.00	0.57	0.61	0.56	0.34
21 (VE1)	Oeste	0.43	3.67	1.00	0.57	0.90	0.56	0.51
22 (VE1)	Oeste	0.43	3.67	1.00	0.57	0.90	0.56	0.51
23 (VE1)	Sul	0.38	3.67	1.00	0.57	0.80	1.00	0.80
24 (VE1)	Sul	0.38	3.67	1.00	0.57	0.80	1.00	0.80
25 (VE1)	Sul	0.38	3.67	1.00	0.57	0.80	1.00	0.80
26 (VE1)	Sul	0.38	3.67	1.00	0.57	0.80	1.00	0.80
27 (VE1)	Este	0.43	3.65	1.00	0.57	0.90	0.56	0.50
28 (VE1)	Oeste	0.43	2.30	1.00	0.57	0.57	0.56	0.32
29 (VE1)	Oeste	0.43	2.30	1.00	0.57	0.57	0.56	0.32
30 (VE1)	Oeste	0.43	2.30	1.00	0.57	0.57	0.56	0.32
31 (VE1)	Oeste	0.43	2.30	1.00	0.57	0.57	0.56	0.32
32 (VE1)	Este	0.43	2.30	1.00	0.57	0.57	0.56	0.32
33 (VE1)	Este	0.43	2.30	1.00	0.57	0.57	0.56	0.32
34 (VE1)	Este	0.43	2.48	1.00	0.57	0.61	0.56	0.34
35 (VE1)	Este	0.43	2.48	1.00	0.57	0.61	0.56	0.34



UNIVERSIDADE DE COIMBRA

[illegible]

Em nenhum caso o produto $X_j.F_h.F_o.F_f$ deve ser menor que 0.27;

Para contabilizar o efeito do contorno do vão o produto $F_o \cdot F_f$ deve ser inferior ou igual a 0,9, excepto nos casos em que o vão envidraçado esteja à face exterior da parede.

[illegible]

No cálculo de $g_{i,int}$ e $g_{i,ENU}$ não deverão ser considerados os dispositivos de protecção solar móveis devendo considerar-se apenas dispositivos permanentes; caso não existam quaisquer dispositivos de sombreamento, g_i será igual ao factor solar do vidro para uma incidência solar normal $g_{\perp,vi}$, afectado do factor de seletividade angular $F_{w,i}$.

Área efectiva total equivalente na orientação a Sul

16.62

 m²

	x	
Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul G_{sul}	140	kWh/m ² .mês

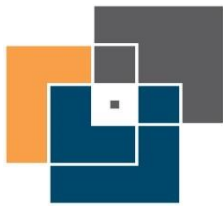
Duração da estação de aquecimento M	6.21	meses
-------------------------------------	------	-------

Ganhos solares brutos $Q_{sol,i}$ 14458.24 kWh/ano

C.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

Ganhos internos brutos $Q_{\text{int},i}$	9740.87	kWh/ano
---	---------	---------

Ganhos solares brutos $Q_{sol,i}$ 14458.24 kWh/ano



Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$ kWh/ano

C.4 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

Radiação média incidente num envidraçado vertical a Sul G_{sul} kWh/m².mês

x

0.182

x

0.2

x

Área útil de pavimento A_p m²

x

Duração da estação de aquecimento M meses

=

Ganhos solares brutos $Q_{sol,i}$ kWh/ano

+

Ganhos internos brutos $Q_{int,i}$ kWh/ano

=

Ganhos térmicos brutos $Q_{g,i}$ kWh/ano

GANHOS TÉRMICOS BRUTOS NA ESTAÇÃO DE ARREFECIMENTO

Ganhos internos médios Q_{int}	4	W/m ²
Duração da estação de arrefecimento L_v	2928	horas
Área útil de pavimento A_p	544.47	m ²
	÷	
	1000	
	=	
Ganhos internos brutos $Q_{int,y}$	6376.83	kWh/ano

VÃOS ENVIDRACADOS

[illegible]

Admite-se que os elementos opacos do ENU não causam sombreamento ao vão interior, pelo que na ausência de outros sombreamentos o factor de obstrução dos vãos interiores F_{enu} é igual a 1;

ENVOLVENTE EXTERIOR OPACA

PAREDE EXTERIOR		Orientação	Coefficiente de absorção α	Área A_{ap}	U	R_{se}	Área efectiva $A_e = \alpha \cdot U \cdot A_{ap} \cdot R_{se}$	Factor de Obstrução $F_o = F_{f1} \cdot F_{f2} \cdot F_{f3}$	Intensidade da Radiação I_{sol}	$I_{sol} \cdot F_o \cdot A_e$
				m ²	W/m ² ·°C	(m ² ·°C)/W	m ²		kWh/m ² ·ano	kWh/ano
PDE1	Norte	0.40	60.42	0.99			0.96	1.00	220.00	210.56
PDE1	Sul	0.40	47.30	0.99			0.75	1.00	420.00	314.70
PDE1	Este	0.40	115.02	0.99			1.82	1.00	490.00	892.77

[illegible]

168.13

14790.97

1

9461.96

==

24252.92

D.3 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS

6376.83

+

24252.92

23.

30629.76

D.5 - GANHOS TÉRMICOS BRUTOS DE REFERÊNCIA

4

4

2928

1

1000

100

0.43

9.4

	λ
	0.2

0.2

490

451

53.85

34

544.47

1

29320,80

Folha de Cálculo E

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

LIMITE MÁXIMO DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

E.1 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} = 1\,932.07 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} = 320.38 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i} = 2\,252.45 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

E.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned}
 &0.024 \\
 &\times \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD = 1\,289 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\
 &\times \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} = 1\,932.07 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i} = 59\,751.83 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned}
 &0.024 \\
 &\times \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD = 1\,289 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\
 &\times \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i} = 320.38 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i} = 9\,908.30 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

$$\begin{aligned}
 &\text{Inércia do edifício} = \text{Forte} \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{B,i} = 24\,199.11 \text{ kWh/ano} \\
 &\div \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar } Q_{tr,i} + Q_{ve,i} = 69\,660.14 \text{ kWh/ano} \\
 &= \\
 &\text{parâmetro } \gamma_i = 0.35 \\
 &\text{parâmetro } a_i = 4.20 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

E.6 - COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} = 1\,018.11 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} = 320.38 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,i,REF} = 1\,338.49 \text{ W/}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

E.7 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &0.024 \\
 &\times \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD = 1\,289 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\
 &\times \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr,REF} = 1\,018.11 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i,REF} = 31\,486.44 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.8 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &0.024 \\
 &\times \\
 &\text{Número de graus-dias de aquecimento } GD = 1\,289 \text{ }^\circ\text{C.dias} \\
 &\times \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,i,REF} = 320.38 \text{ W/}^\circ\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i,REF} = 9\,908.30 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.9 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &\text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_i \quad 0.99 \\
 &\quad \times \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,i} \quad 24199.11 \text{ kWh/ano} \\
 &\quad = \\
 &\text{Ganhos totais úteis } Q_{gu,i} \quad 24012.19 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Factor de utilização dos ganhos } \eta_{i \text{ REF}} \quad 0.6 \\
 &\quad \times \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,i \text{ REF}} \quad 26976.81 \text{ kWh/ano} \\
 &\quad = \\
 &\text{Ganhos totais úteis } Q_{gu,i \text{ REF}} \quad 16186.08 \text{ kWh/ano}
 \end{aligned}$$

E.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

$$\begin{aligned}
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i} \quad 59751.83 \text{ kWh/ano} \\
 &\quad + \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i} \quad 9908.30 \text{ kWh/ano} \\
 &\quad - \\
 &\text{Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento } Q_{gu,i} \quad 24012.19 \text{ kWh/ano} \\
 &\quad \text{(folha de cálculo 1.4)} \\
 &\quad = \\
 &\text{Necessidades Anuais na estação de aquecimento} \quad 45647.95 \text{ kWh/ano} \\
 &\quad \div \\
 &\text{Área útil de pavimento } A_p \quad 544.47 \text{ m}^2 \\
 &\quad = \\
 &\text{Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento } N_{ic} \quad 83.84 \text{ kWh/m}^2.\text{ano}
 \end{aligned}$$

E.10 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA AQUECIMENTO

$$\begin{aligned}
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de aquecimento } Q_{tr,i \text{ REF}} \quad 31486.44 \text{ kWh/ano} \\
 &\quad + \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de aquecimento } Q_{ve,i \text{ REF}} \quad 9908.30 \text{ kWh/ano} \\
 &\quad - \\
 &\text{Ganhos de calor úteis na estação de aquecimento } Q_{gu,i \text{ REF}} \quad 16186.08 \text{ kWh/ano} \\
 &\quad = \\
 &\text{Necessidades Anuais na estação de aquecimento} \quad 25208.66 \text{ kWh/ano} \\
 &\quad \div \\
 &\text{Área útil de pavimento } A_p \quad 544.47 \text{ m}^2 \\
 &\quad = \\
 &\text{Limite máximo das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento } N_{il} \quad 46.30 \text{ kWh/m}^2.\text{ano}
 \end{aligned}$$

Folha de Cálculo F

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

F.1 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 1\,592.11 \quad \text{W/}^{\circ}\text{C} \\
 &+ \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,v} \quad 480.57 \quad \text{W/}^{\circ}\text{C} \\
 &= \\
 &\text{Coeficiente de transferência de calor } H_{t,v} \quad 2\,072.69 \quad \text{W/}^{\circ}\text{C}
 \end{aligned}$$

F.2 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR TRANSMISSÃO

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por transmissão } H_{tr} \quad 1\,592.11 \quad \text{W/}^{\circ}\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &(\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 4 \quad ^{\circ}\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \quad \text{horas} \\
 &\quad \div \\
 &1000 \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por transmissão na estação de arrefecimento } Q_{tr,v} \quad 20\,101.30 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

F.3 - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR RENOVAÇÃO DO AR

$$\begin{aligned}
 &\text{Coeficiente de transferência de calor por renovação do ar } H_{ve,v} \quad 480.57 \quad \text{W/}^{\circ}\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &(\theta_{v,ref} - \theta_{v,ext}) \quad 4 \quad ^{\circ}\text{C} \\
 &\quad \times \\
 &\text{Duração da Estação de Arrefecimento } L_v \quad 2928 \quad \text{horas} \\
 &\quad \div \\
 &1000 \\
 &= \\
 &\text{Transferência de calor por renovação do ar na estação de arrefecimento } Q_{ve,v} \quad 6\,067.52 \quad \text{kWh/ano}
 \end{aligned}$$

F.4 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS

F.6 - FACTOR DE UTILIZAÇÃO DE GANHOS DE REFERÊNCIA

$$\begin{aligned}
 &\text{Inércia do edifício} \quad \text{Forte} \\
 & \\
 &\text{Ganhos térmicos brutos } Q_{g,v} \quad 30629.76 \quad \text{kWh/ano} \\
 &\quad \div
 \end{aligned}$$

Transferência de calor por transmissão e por renovação do ar $Q_{tr,v} + Q_{re,v}$ kWh/ano

=

parâmetro γ_v

parâmetro av W/°C

Factor de utilização dos ganhos η_v

Factor de utilização dos ganhos η_v

F.5 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$(1 - \eta_v)$

x

Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v}$ kWh/ano

÷

Área útil de pavimento A_p m²

=

Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento N_{vc} kWh/m².ano

F.7 - LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS DE ENERGIA ÚTIL PARA ARREFECIMENTO

$(1 - \eta_{v,REF})$

x

Ganhos de calor brutos na estação de arrefecimento $Q_{g,v,REF}$ kWh/ano

÷

Área útil de pavimento A_p m²

=

Limite das Necessidades Anuais de Energia Útil na Estação de Arrefecimento N_v kWh/m².ano

Folha de Cálculo G

NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

G.1 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO

G.7 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA AQUECIMENTO DE REFERÊNCIA

SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil N_{uc} kWh/m ² .ano	f_i	δ	Eficiência Nominal η_i	Factor de Conversão F_{pu} kWh _{EP} /kWh	Necessidades de Energia Final $f_i \cdot \delta \cdot N_{uc} / \eta_i \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot \delta \cdot N_{uc} \cdot F_{pu} / \eta_i$ kWh _{EP} /m ² .ano	SISTEMA PARA AQUECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil N_i kWh/m ² .ano	f_i	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{i,REF}$	Factor de Conversão F_{pu} kWh _{EP} /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_i \cdot N_i \cdot F_{pu} / \eta_i$ kWh _{EP} /m ² .ano
		83.84	-	1	-	-	-	-			46.30	-	-	-	-
			-		-	-	-	-				-	-	-	-
			-		-	-	-	-				-	-	-	-
			-		-	-	-	-				-	-	-	-
			-		-	-	-	-				-	-	-	-
			-		-	-	-	-				-	-	-	-
			-		-	-	-	-				-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		1.00		1	2.5	45647.95	209.60	Sistema por defeito	Electricidade		1.00	1	2.5	115.75
TOTAL								209.60	TOTAL						

G2 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO

G.8 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA ARREFECIMENTO DE REFERÊNCIA

SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil N_{uc} kWh/m ² .ano	f_v	δ	Eficiência Nominal η_v	Factor de Conversão F_{puv} kWh _{EP} /kWh	Necessidades de Energia Final $f_v \cdot \delta \cdot N_{uc} / \eta_v \cdot A_p$ kWh/ano	Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot \delta \cdot N_{uc} \cdot F_{puv} / \eta_v$ kWh _{EP} /m ² .ano	SISTEMA PARA ARREFECIMENTO	Fonte de Energia	Limite das Necessidades de Energia Útil N_v kWh/m ² .ano	f_v	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{v,REF}$	Factor de Conversão F_{puv} kWh _{EP} /kWh	Limite das Necessidades de Energia Primária $f_v \cdot N_v \cdot F_{puv} / \eta_v$ kWh _{EP} /m ² .ano
		14.66	-	1	-	-	-	-			8.54	-	-	-	-
			-		-	-	-	-				-	-	-	-
			-		-	-	-	-				-	-	-	-
			-		-	-	-	-				-	-	-	-
			-		-	-	-	-				-	-	-	-
			-		-	-	-	-				-	-	-	-
			-		-	-	-	-				-	-	-	-
Sistema por defeito	Electricidade		1.00		3	2.5	2660.52	12.22	Sistema por defeito	Electricidade		1.00	3	2.5	7.11
TOTAL								12.22	TOTAL						

G.3 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS

G.9 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA PRODUÇÃO DE AQS DE REFERÊNCIA

CONSUMO DE AQS				Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS				CONSUMO DE AQS DE REFERÊNCIA				Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS			
consumo médio diário de referência M_{AQS} 680 l				consumo médio diário de referência M_{AQS} 680 l				consumo médio diário de referência M_{AQS} 680 l				consumo médio diário de referência M_{AQS} 680 l			
nº convencional de ocupantes de cada fracção n 17 ocupantes				nº convencional de ocupantes de cada fracção n 17 ocupantes				nº convencional de ocupantes de cada fracção n 17 ocupantes				nº convencional de ocupantes de cada fracção n 17 ocupantes			
factor de eficiência hídrica 1				aumento de temperatura ΔT 35 °C				factor de eficiência hídrica 1				aumento de temperatura ΔT 35 °C			
=				nº de dias de consumo 365 dias				=				nº de dias de consumo 365 dias			
sumo médio diário de referência MAQS 680 l				consumo médio diário de referência MAQS 680 l				sumo médio diário de referência MAQS 680 l				consumo médio diário de referência MAQS 680 l			
÷				÷				÷				÷			
3600000				3600000				3600000				3600000			
±				±				±				±			
Ap 544.47 m²				Ap 544.47 m²				Ap 544.47 m²				Ap 544.47 m²			
=				=				=				=			
Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS Q_u/A_p 18.56 kWh/m².ano				Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS Q_u/A_p 18.56 kWh/m².ano				Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS Q_u/A_p 18.56 kWh/m².ano				Necessidades anuais de energia útil para a preparação de AQS Q_u/A_p 18.56 kWh/m².ano			
SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil Q_u/A_p kWh/m².ano	f_a	δ	Eficiência Nominal η_a	Factor de Conversão F_{pu} kWh _{EP} /kWh	Necessidades de Energia Final f.δ. Q_u/η_a kWh/ano	Necessidades de Energia primária f.δ. $Q_u/A_p \cdot F_{pu}/\eta_a$ kWh _{EP} /m².ano	SISTEMA PARA AQS	Fonte de Energia	Necessidades de Energia Útil de Referência $Q_{u,REF}$ kWh/m².ano	f_a	Eficiência Nominal de Referência $\eta_{a,REF}$	Factor de Conversão F_{pu} kWh _{EP} /kWh	Limite das Necessidades de Energia primária f.δ. $Q_{u,REF}/A_p \cdot F_{pu}/\eta_a$ kWh _{EP} /m².ano
		18.56	-	1	-	-	-	-			18.56	-	-	-	-
			-		-	-	-	-				-	-	-	-
			-		-	-	-	-				-	-	-	-
			-		-	-	-	-				-	-	-	-
			-		-	-	-	-				-	-	-	-
			-		-	-	-	-				-	-	-	-
			-		-	-	-	-				-	-	-	-

Sistema por defeito	Electricidade	-	-	-	-	-	-	Sistema por defeito	Electricidade	-	-	-	-	-	-
		1.00	0.86	2.5	11816.92	54.26				1.00	0.95	2.5		48.83	
TOTAL							11816.92	54.26	TOTAL						

G.4 - NECESSIDADES NOMINAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA PARA VENTILAÇÃO MECÂNICA

Energia anual eléctrica necessária ao funcionamento do sistema de ventilação mecânica W_{em}

÷

Área útil de Pavimento A_p

x

Factor de Conversão F_{pv} kWh₁₂/kWh

=

Necessidades anuais de energia primária para o sistema de ventilação kWh₁₂/m².ano

G.5 - ENERGIA PRIMÁRIA PROVENIENTE DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL

SISTEMA COM RECURSO A ENERGIA RENOVÁVEL	Produção de Energia	E_{ren}/A_p kWh/m ² .ano	Factor de Conversão F_{pv} kWh ₁₂ /kWh	Energia primária $E_{ren} \cdot F_{pv}$ kWh ₁₂ /m ² .ano
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	Biomassa	0.00	1	0.00
TOTAL				0.00

G.6 - NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

Energia primária para aquecimento kWh₁₂/m².ano

+

Energia primária para arrefecimento kWh₁₂/m².ano

+

Energia primária para a preparação de AQS kWh₁₂/m².ano

+

Energia primária necessária para o sistema de ventilação mecânica kWh₁₂/m².ano

=

Energia primária proveniente de sistemas com recurso a energia renovável

=

Necessidades nominais anuais globais de energia primária N_{ic} kWh₁₂/m².ano

G.10 LIMITE DAS NECESSIDADES NOMINAIS ANUAIS GLOBAIS DE ENERGIA PRIMÁRIA

Energia primária para aquecimento kWh₁₂/m².ano

+

Energia primária para arrefecimento kWh₁₂/m².ano

+

Energia primária para a preparação de AQS kWh₁₂/m².ano

=

Limite das necessidades nominais anuais globais de energia primária N_l kWh₁₂/m².ano